

**Aprendizagem de Tópicos e Conceitos Matemáticos
no 1º Ciclo do Ensino Básico**
Uma história com robots

TESE DE DOUTORAMENTO

Sónia Matilde Pinto Correia Martins

DOUTORAMENTO EM MATEMÁTICA
ESPECIALIDADE DE ENSINO DA MATEMÁTICA



UNIVERSIDADE da MADEIRA

A Nossa Universidade

www.uma.pt

agosto | 2016

**Aprendizagem de Tópicos e Conceitos Matemáticos
no 1º Ciclo do Ensino Básico**
Uma história com robots

TESE DE DOUTORAMENTO

Sónia Matilde Pinto Correia Martins

DOUTORAMENTO EM MATEMÁTICA

ESPECIALIDADE DE ENSINO DA MATEMÁTICA

ORIENTADORA

Elsa Maria dos Santos Fernandes

“Uma professora do ensino básico estava a dar uma aula de desenho a um grupo de alunos de seis anos de idade. Ao fundo da sala, sentou-se uma menina que, habitualmente, não era muito atenta na escola. Na aula de desenho, aconteceu o contrário. Durante mais de vinte minutos, a menina ficou sentada, abraçada a uma folha de papel, completamente absorta no que estava a fazer. A professora achou aquilo fascinante. Por fim perguntou-lhe o que estava a desenhar. Sem tirar os olhos da folha, a menina disse: «Estou a desenhar uma imagem de Deus». Surpreendida, a professora insistiu: «Mas ninguém sabe como Deus é».

Ao que a menina respondeu: «Todos saberão daqui a pouco».

Ken Robinson e Lou Aronica, em “O Elemento”

RESUMO

Tomando por base o entendimento de que a aprendizagem matemática é um fenómeno emergente da participação em práticas sociais e que aprender matemática implica a transformação dos alunos e das práticas nas quais estes se envolvem, foi formulado o seguinte problema de investigação: compreender a aprendizagem de tópicos e conceitos matemáticos por alunos do 1.º Ciclo do Ensino Básico, participando num projeto com robots.

O enquadramento teórico da presente investigação assenta em duas teorias da aprendizagem – Teoria da Aprendizagem Situada (baseada nos trabalhos de Lave e Wenger) e Teoria da Atividade (nomeadamente a investigação levada a cabo pela 3.ª geração, instrumentalizada por Engeström).

No domínio metodológico o estudo inclui uma componente empírica que envolveu um Cenário de Aprendizagem, desenhado no âmbito do projeto de investigação DROIDE II – Os Robots em Educação Matemática e Informática.

O cenário envolveu duas turmas do 1.º Ciclo do Ensino Básico (2.º e 3.º anos de escolaridade) da mesma escola, trabalhando conjuntamente num projeto com robots da Lego *Mindstorms*. A análise dos dados seguiu um esquema analítico interpretativo, tendo sido portanto utilizadas técnicas e métodos qualitativos.

Os resultados do estudo apontam para os contributos do uso de robots enquanto artefactos mediadores da aprendizagem matemática e para o seu papel estruturante na negociação de significados matemáticos pelos alunos.

Além da importância assumida pelo robot neste cenário de aprendizagem, as conclusões do estudo apontam para a importância da metodologia de trabalho adotada. O *design* do cenário de aprendizagem assente na cooperação e interdisciplinaridade que caracterizou o projeto, a formação de grupos de trabalho com alunos de ambas as turmas, o posicionamento das professoras e da equipa de investigadores, a tomada de decisão negociada e o sentido de responsabilidade e responsabilização assumiram-se como motores impulsionadores das tarefas desenvolvidas, sendo sem dúvida aspetos estruturantes na aprendizagem matemática dos alunos.

Palavras-chave: Aprendizagem Situada, Teoria da Atividade, Robots, Cenário de Aprendizagem, Educação Matemática, Robótica Educativa.

ABSTRACT

Assuming mathematics learning as an emergent phenomenon from participation in social practices and that learn mathematics implies the transformation from the students and from the practices in which they are engaged, it was defined the following investigation problem: understand the learning of mathematics topics and concepts by students from elementary school, when they participate in a project with robots.

The theoretical framework from this investigation is based on two learning theories – The Situated Learning Theory (based in the works of Lave and Wenger) and the Activity Theory (namely the investigation made by the third generation, based in the works of Engeström).

In the methodological field, this study includes an empirical component that involved a Learning Scenario, designed under the research project DROIDE II - Robots in Mathematics and Informatics Education.

The learning scenario was designed involving two primary school classes (2nd and 3rd grade, 24 and 16 students, respectively) from the same school, working together in a project with robots, from Lego Mindstorms. The data analysis followed an interpretative scheme and because of that it was used qualitative techniques and methods.

The results of the study point to the contributions of using robots as mediating artifacts on mathematics learning and its structuring role in the negotiation of mathematical meanings by the students.

Despite the contributions that robots brought to this learning scenario, we cannot disregard the working methodology advocated.

The design of the scenario based on cooperation and interdisciplinary activities that characterized the project, the heterogeneous working groups, with students from both classes, the positioning of teachers and researchers, the decision-making and the negotiated sense of responsibility and accountability were certainly aspects that potentiate students' mathematics learning.

Keywords: Situated Learning, Activity Theory, Robots, Learning Scenario, Mathematics Education, Educational Robotics.

AGRADECIMENTOS

Na escrita desta dissertação tive ocasião de referir que um trabalho deste tipo, apesar do processo solitário a que qualquer investigador está destinado, reúne contributos de várias pessoas. Volto a renovar tal afirmação, com a certeza de que nunca foi tão verdadeira quanto agora.

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus por me ter amparado nos momentos difíceis e por ter colocado no meu caminho seres humanos e espirituais que me apoiaram e me fortaleceram nesses mesmos momentos.

À minha orientadora e amiga, Professora Doutora Elsa Fernandes quero agradecer-lhe a confiança, o incentivo e a riqueza das nossas discussões e reflexões sobre este trabalho... e não só. Agradeço-lhe por acompanhar-me há quase 20 anos contribuindo para o meu crescimento profissional, pessoal e espiritual.

Agradeço também à Universidade da Madeira, instituição que sempre me tem acompanhado e apoiado. No projeto DROIDE II pude trabalhar com um grupo de investigadores que assumiram particular relevância no meu crescimento académico e pessoal. A eles, deixo o meu sincero agradecimento.

Sou muito grata a todos os meus familiares pelo incentivo recebido ao longo destes anos. Foram muitos os que, ao longo do processo, me ajudaram de diferentes formas, direta ou indiretamente. Ao meu marido Leonel, em especial, agradeço a confiança, o tempo, o amor e a dedicação com que me acompanhou, e acompanha. Aos meus filhos, Beatriz e Rúben, obrigada pela compreensão e por acreditarem que eu seria capaz de chegar a este momento. Particularmente nas vezes em que eu não acreditei. Aos meus pais, Clementina e João, agradeço a educação, a forma de estar na vida, os princípios e os valores que sempre me acompanharão e serão a minha grande herança.

À minha amiga Cristina, por ter partilhado de muitas das minhas inseguranças. Por me ter ouvido e acarinhado, passando ela também pelo processo de realização da sua própria investigação.

À minha amiga Sónia Abreu pelo incentivo e pela palavra amiga. A ela e à Carmo Freitas agradeço o tempo investido a fazer uma leitura criteriosa a este trabalho. Estarei eternamente grata pela dedicação com que o fizeram.

Por fim, quero agradecer a todos aqueles cuja história faz parte desta investigação. Em especial, à professora Teresa Faria, à professora Sofia Gonçalves e aos quarenta alunos com os quais tive oportunidade de trabalhar e de aprender. Sem eles, esta dissertação não estaria agora nas suas mãos.

ÍNDICE

RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMENTOS	v
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABELAS	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Origem e motivação para a investigação	1
1.1.1. O trajeto até ao DROIDE II	2
1.1.2. O projeto DROIDE II	6
1.2. Problema e questões de investigação	9
1.3. A estrutura da Tese	13
2. ROBÓTICA EM EDUCAÇÃO: ESTADO DA ARTE	17
2.1. Introdução do uso de Robots em Educação	17
2.2. Robótica em Educação: revisão da literatura	20
2.2.1. Competições e Torneios de Robótica	21
2.2.2. Robots na aprendizagem de temas curriculares	27
2.2.3. Projetos interdisciplinares com Robots	32
2.3. Robótica Educativa: Algumas considerações	34
3. SOBRE A APRENDIZAGEM	37
3.1. Teoria da Aprendizagem Situada	38
3.1.1. Participação Legítima Periférica	40
3.1.2. Aprendizagem como Participação Social	43
3.1.3. Prática, Reportório e Artefactos	49
3.1.4. Modos de Pertença	54
3.1.5. O <i>design</i> para a Aprendizagem	59
3.2. Teoria da Atividade	66
3.2.1. Na génese da Teoria Histórico-Cultural da Atividade	68
3.2.2. Aprendizagem como Transformação Expansiva	77
3.2.3. Artefactos de Mediação	81

4. METODOLOGIA	85
4.1. Metodologia da Investigação	86
4.2. O Cenário de Aprendizagem: Uma História com Robots	92
4.2.1. Os atores (Quem são e quais os seus papéis?)	96
4.2.2. Contexto/Ambiente	99
4.2.3. Recursos (Os Robots)	100
4.2.4. Enredo e Sequência das atividades - Ano 1: Uma história com robots ...	102
4.2.5. Enredo e Sequência das atividades - Ano 2: A realização de um filme ..	105
5. DESENHANDO UM CENÁRIO DE APRENDIZAGEM.....	109
5.1. Cenário de Aprendizagem coconstruído pelos participantes/sujeitos	114
5.2. A negociação de um empreendimento conjunto e a (re)orientação da atividade para-o-objeto.....	121
5.3. A relação dialética entre as ações dos participantes, a atividade coletiva e a construção de um regime de competência	129
5.4. O robot como artefacto mediador na negociação conjunta de significados por alunos de turmas de anos distintos.....	138
6. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES DA INVESTIGAÇÃO	165
6.1. A aprendizagem da matemática como fenómeno social	166
6.1.1. Aprendizagem matemática como <i>Participação</i>	167
6.1.2. Aprendizagem matemática como <i>Atividade de Aprendizagem Matemática</i>	171
6.2. O cenário de aprendizagem e o <i>design</i> da aprendizagem.....	174
6.2.1. Cenário de aprendizagem como suporte aos modos de pertença	176
6.2.2. Cenário de aprendizagem como artefacto mediador na atividade de aprendizagem	179
6.3. Robots para aprender matemática	181
6.3.1. A construção de significados matemáticos numa prática com robots	182
6.3.2. O papel mediador do robot na aprendizagem matemática dos alunos.....	186
6.4. A ponte entre duas visões da aprendizagem.....	188
6.5. A encerrar	191
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	193
ANEXOS.....	209
Anexo 1: Informação enviada aos Encarregados de Educação	211
Anexo 2: Cenário de Aprendizagem: Uma história com robots.....	213

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Componentes da Teoria Social da Aprendizagem (adaptado de Wenger, 1998, p.5).	44
Fig. 2 – Modelo de Mediação proposto por Vygotsky (1978, p.40).....	69
Fig. 3 – Estrutura da atividade humana (Engeström (1987), in Engeström (2001, p.135).	72
Fig. 4 – Dois sistemas de atividade em interação como modelo mínimo para a terceira geração da Teoria da Atividade (Engeström, 2001, p. 136).....	74
Fig. 5 – Sequência de ações num ciclo de aprendizagem expansiva (Adaptado de Engeström (2001), p. 152).....	78
Fig. 5 – Modelo de mediação do artefacto (Jones, 2000, p.2).....	84
Fig. 6 – Sistema de Atividade das professoras, correspondente à atividade coletiva desenvolvida com a implementação do Cenário de Aprendizagem	110
Fig. 7 – Sistema de Atividade dos alunos, correspondente à atividade coletiva desenvolvida com a implementação do Cenário de Aprendizagem.	110
Fig. 8 – Sistema de Atividade da equipa de investigação, correspondente à atividade coletiva desenvolvida com a implementação do Cenário de Aprendizagem.	111
Fig. 9 – Os três sistemas de Atividade em interação.	113
Fig. 10 – Robot como ferramenta mediadora na aprendizagem matemática dos alunos.	152
Fig. 11 – Interação do sistema de atividade dos alunos com os restantes.....	172

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Artigos sobre o impacto positivo da participação dos alunos em competições de robótica	25
Tabela 2 – Artigos internacionais relativos ao uso de robots na aprendizagem de temas curriculares	29
Tabela 3 – Artigos/Teses nacionais relativos ao uso de robots na aprendizagem de temas curriculares	30

1. INTRODUÇÃO

O papel desta breve introdução, encarada como o ‘começo’ desta dissertação, é o de preparar a leitura do documento global. O nosso esforço irá focar-se em dois propósitos. Por um lado, em facilitar o acesso ao sentido que a investigadora lhe reconhece no seu percurso profissional e, por outro, em clarificar os aspetos específicos do documento que, ao serem antecipados, podem torná-lo mais transparente.

Numa primeira secção, definimos a motivação que levou ao desenvolvimento da investigação e o contexto em que esta foi realizada. Para tal, faremos referência ao projeto DROIDE II – Os robots na Educação Matemática e Informática, que deu origem ao presente estudo.

O problema e as questões de investigação são apresentadas numa secção onde se procurou, de uma forma sucinta, enquadrar a temática em estudo no campo de investigação no qual ela se insere. Finalmente, elucidamos o leitor acerca da forma como estruturamos esta dissertação.

1.1. Origem e motivação para a investigação

Nesta secção descrevem-se sinteticamente os factos que estão na origem deste estudo, abordando as razões pessoais e profissionais da investigadora. Atendendo à natureza do seu conteúdo, a escrita desta secção é feita na primeira pessoa. Somente esta secção e uma outra final onde a investigadora reflete sobre o seu percurso na realização deste trabalho são redigidas neste formato.

Toda a restante dissertação foi escrita na 1.^a pessoa do plural, tendo sido dois os motivos que estiveram na base dessa opção. Por um lado, como o leitor terá oportunidade de constatar, o cenário de aprendizagem subjacente a esta investigação esteve imerso nas atividades desenvolvidas pelo projeto DROIDE II e, como tal, em determinados momentos tive o apoio de outros colegas do projeto, nomeadamente, aquando do trabalho com os alunos. Senti que não seria correto reportar-me a esses momentos de uma forma individual.

Por outro lado, mesmo nos momentos em que apresento reflexões de cariz mais pessoal, elas não deixaram de ser um ato social, pois foram sempre informadas por um conjunto de relações que acompanharam a produção deste trabalho. Refiro-me, por exemplo, às discussões e reflexões conjuntas que tive a oportunidade de vivenciar no

seio do projeto DROIDE II, às reflexões pessoais emergentes da minha participação em encontros científicos, às leituras que fiz do trabalho de outros e à rica troca de ideias com a minha orientadora. O significado do que aqui escrevo foi produzido através da minha participação social logo, não faria sentido para mim escrevê-lo na 1.^a pessoa do singular.

Ao longo do meu percurso pessoal e profissional diversos fatores foram gradualmente contribuindo para que eu modificasse a minha visão sobre a matemática e para que eu alimentasse a minha procura por compreender o que é aprender.

Refletindo sobre a origem e motivação para a presente investigação, destaco três dimensões fundamentais nesse processo: o meu percurso enquanto aluna, enquanto professora e enquanto investigadora. São estas três dimensões que orientarão a escrita desta secção.

1.1.1. O trajeto até ao DROIDE II

Durante o meu percurso escolar foi ganhando forma o meu desejo de ser professora. Inicialmente, quando me questionavam sobre a área que gostaria de lecionar, tinha dificuldade em responder. Gostava de tantos assuntos, interessava-me por tanta coisa, que me era difícil decidir.

Aos poucos, fui sentindo que era a matemática que eu queria ‘ensinar’. Poderia afirmar que esse sentimento adveio de esta ter sido a minha disciplina favorita, mas a verdade é que não foi só isso que me levou a fazer a escolha que fiz.

No meu percurso escolar sempre me intrigou porque é que muitos dos meus colegas detestavam a disciplina de matemática. Para muitos, falar em matemática era sinónimo de falar em insucesso. Os motivos pareciam ser de várias ordens. Alguns reconheciam a sua falta de empenho na disciplina, outros destacavam como razão aparente a falta de empenho do professor em motivá-los para algo que eles consideravam extremamente difícil.

Alguns dos meus colegas referiam que não viam utilidade naquilo que lhes era ‘apresentado’ nas aulas de matemática. Destaquei o ‘apresentado’ para enfatizar a metodologia adotada. No meu percurso escolar, as minhas aulas de matemática sempre se pautaram por grandes momentos de ‘apresentação’ de conteúdos programáticos por parte dos meus professores.

Apesar de, à semelhança dos meus colegas, considerar a referida ‘apresentação’ entediante, existia algo na matemática que me cativava. E porque razão não cativava a grande maioria dos meus colegas?

Quando assumi, no final do meu secundário, que era matemática que eu queria ‘ensinar’, estava imbuída de um sentimento, em forma de interrogação, que até hoje me acompanha: Como posso contribuir para que os meus alunos partilhem do meu gosto pela matemática?

No meu percurso profissional, a interrogação que acima enunciei conduziu-me a outros questionamentos e necessidades, nomeadamente, a necessidade de compreender como os meus alunos aprendem e que recursos e estratégias podem, de alguma forma, potenciar a sua aprendizagem.

Enquanto aluna da licenciatura em matemática, fruto da experiência vivida em determinadas cadeiras pedagógicas, fui-me sentindo ‘atraída’ pelo uso de diferentes materiais e recursos a utilizar nas minhas aulas, nomeadamente o uso de tecnologias.

A natureza dos recursos tecnológicos utilizados nas minhas aulas tem-se alterado ao longo da minha prática, fruto da evolução tecnológica que tem acompanhado o meu percurso profissional de quase vinte anos, e das oportunidades que tenho tido a coragem e o privilégio de aceitar. Contudo, não só os recursos se têm alterado. A forma como os utilizo também é diferente, fruto das reflexões feitas acerca do que é a matemática e do que significa aprender matemática.

Em 2006 aceitei o convite para integrar a equipa de formação do projeto CEM – Construindo o Êxito em Matemática, projeto de formação contínua de professores do 1.º Ciclo da Região Autónoma da Madeira, parceria da Universidade da Madeira e da Direção Regional de Educação (Fernandes, Ribeiro, Lopes, Belo, Pedro, Vasconcelos & Martins, 2007).

A meu ver este convite representava um passo importante no meu crescimento e desenvolvimento profissional, o que acabou por se confirmar. Por um lado, assumir funções enquanto formadora colocava-me num papel distinto do desempenhado até então. Este mostrou-se um campo rico em aprendizagens, decorrentes das minhas interações com os outros membros da equipa de formação, bem como com os professores/formandos com os quais tive a oportunidade de partilhar experiências e reflexões.

Outro aspeto para mim importante, era ter a oportunidade de trabalhar com professores e alunos do primeiro ciclo. Enquanto professora do 3.º Ciclo e Secundário e

enquanto docente convidada da Universidade da Madeira a lecionar cadeiras a futuros educadores de infância e professores do primeiro ciclo, sempre considerei importante compreender a dinâmica própria deste nível de ensino. Esta constituía uma oportunidade de excelência de poder estar imersa nesse ‘mundo’, na tentativa de compreender como aprendem as crianças.

Na tentativa de elucidar o leitor acerca do impacto que a minha participação no projeto de formação CEM teve na investigação tratada neste trabalho, tecerei algumas considerações sobre o projeto.

Apesar de ao longo dos últimos anos terem existido algumas alterações na estrutura das oficinas de formação do CEM, nomeadamente, a inclusão de oficinas em regime *B-learning* como forma de diminuir os custos orçamentais para a Secretaria Regional de Educação, reportar-me-ei nesta minha escrita aos moldes em que participei como formadora de professores do primeiro ciclo.

A principal finalidade do projeto CEM¹ é contribuir para melhorar as aprendizagens dos alunos na área da matemática, sendo que a formação no âmbito deste projeto centra-se em três grandes objetivos:

i) promover um aprofundamento dos conhecimentos matemáticos e didáticos dos professores envolvidos;

ii) favorecer a realização de experiências de desenvolvimento curricular que contemplem a planificação e condução de aulas e posterior reflexão;

iii) promover o trabalho cooperativo entre docentes.

No projeto CEM, a equipa de formação era constituída por sete pessoas: uma coordenadora, três professoras do 1º ciclo e três professoras licenciadas em Matemática. Na dinamização das sessões com os formandos esta equipa subdividia-se em novas equipas. As equipas de formação que dinamizavam as sessões eram formadas por pares, constituídos por uma professora do primeiro ciclo e por uma professora com licenciatura em Matemática.

O trabalho com os formandos englobava duas dimensões: as reuniões presenciais de formação e o trabalho conjunto de formadoras e formandos em sala de aula. Nas reuniões de formação eram exploradas propostas de trabalho criadas pela equipa de formação, a serem posteriormente implementadas em sala de aula. A

¹ O projeto CEM – Construindo o Êxito em Matemática teve início no ano letivo 2016-2017, tendo como destinatários os professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico. Nos anos seguintes o projeto alargou a oferta formativa aos três ciclos do ensino básico.

exploração das propostas de trabalho pelos formandos envolvia uma análise ao enquadramento curricular do conteúdo, ou conteúdos abordados na proposta e às estratégias metodológicas e recursos a utilizar na sua implementação com os alunos.

Na ida à sala de aula as formadoras trabalhavam em conjunto com o professor na implementação das propostas. Posteriormente, em reunião de formação, eram feitas as reflexões conjuntas sobre as aulas participadas, sendo este um momento importante em todo o processo.

A metodologia subjacente ao CEM, contemplando o envolvimento dos formandos em experiências de desenvolvimento profissional que articulam, adequadamente, o aprofundamento científico e curricular dos conteúdos a abordar, o conhecimento didático, os recursos a utilizar e a reflexão acerca da sua prática, tem-se revelado muito positiva (Fernandes, 2014). Resultado disso, é a contínua aposta feita pela Secretaria Regional de Educação neste projeto de formação nos últimos dez anos.

Mas a metodologia subjacente ao projeto não é alheia às teorias de aprendizagem que têm sustentado a prática da sua coordenadora, Professora Doutora Elsa Fernandes, enquanto investigadora na área da Educação Matemática.

Em muitas e diversificadas iniciativas a coordenadora afirma que três correntes teóricas estão subjacentes à visão de aprendizagem preconizada pelo projeto CEM: a Teoria da Aprendizagem Situada (Lave & Wenger, 1991); a Teoria da Atividade (Engeström, 1999) e a Educação Matemática Crítica (Skovsmose, 1994).

Fernandes (2014) afirma a importância de ter utilizado estas três teorias como suporte teórico para a conceção e implementação de um projeto que pretendia melhorar as aprendizagens matemáticas. Os contributos das teorias é asservado da seguinte forma pela autora, coordenadora do projeto:

“A Teoria da Aprendizagem Situada que vê a aprendizagem como participação, defende que, para aprender, as pessoas têm que se empreender conjuntamente. Esta teoria defende que para aprender é preciso participar nas práticas e ter um propósito a alcançar. Outra das teorias que sustentam o projeto é a Teoria da Atividade que vê a aprendizagem como transformação. Transformação das práticas em que as pessoas (professores e alunos) se envolvem e transformação das pessoas que aprendem - professores e alunos. Por último, mas não menos importante, temos como terceiro pilar teórico do projeto a Educação Matemática Crítica que discute a aprendizagem como ação dialógica, defendendo que para aprender é preciso existir intencionalidade de quem aprende. Envolve ação e reflexão sobre essa ação por parte de quem aprende.” (Fernandes, 2014, p. 30).

Claramente este posicionamento face à aprendizagem moldou a minha identidade não só enquanto formadora no projeto CEM mas também a que viria a adotar enquanto investigadora na área da educação matemática, no âmbito do projeto DROIDE II – Os robots na Educação Matemática e Informática.

1.1.2. O projeto DROIDE II

O meu primeiro contacto com os robots da Lego, nessa altura os RCX, resultou da minha participação em 2007 num *workshop* promovido pelos investigadores do projeto de investigação da Universidade da Madeira DROIDE – Robots como Mediadores da Aprendizagem. Desse meu primeiro contacto, e da minha frequência em algumas conferências promovidas pelos membros do projeto, resultou uma vontade muito grande de poder incluir os robots na minha prática profissional.

O DROIDE foi um projeto desenvolvido pela Universidade da Madeira entre 2005 e 2008, cujos principais objetivos incidiam em:

i) criar problemas nas áreas da Matemática e da Informática a serem resolvidos com os robots;

ii) implementar a solução de problemas utilizando a robótica em três níveis distintos de ensino: Matemática no nível Básico e Secundário, Informática no nível Secundário e Inteligência Artificial, Didática da Matemática e Didática da Informática no nível Superior;

iii) analisar a atividade dos estudantes durante a resolução de problemas com o uso de robots nesses diferentes contextos de sala de aula.

O projeto DROIDE – Robots como Mediadores da Aprendizagem deu origem ao projeto DROIDE II – Os robots na Educação Matemática e Informática, no qual se inseriu a investigação a que se refere o presente trabalho.

O meu contacto com o projeto DROIDE II² deu-se em 2010, quando fui convidada pela sua coordenadora, a Professora Doutora Elsa Fernandes, a integrar a equipa de investigação do projeto. Enquanto investigadora, desenvolvi a investigação que aqui apresento.

² Mais informações sobre o projeto DROIDE II podem ser encontradas na página do projeto: <http://www.cee.uma.pt/droide2/index.html>.

Para melhor se compreender o enquadramento da presente investigação, no que diz respeito à problemática em estudo e ao enquadramento teórico utilizado, apresentaremos, em traços gerais, algumas características do projeto DROIDE II.

O projeto de investigação DROIDE II tinha como grande finalidade compreender de que forma o uso dos robots como artefactos mediadores da aprendizagem contribui para que os jovens produzam significado e desenvolvam aprendizagem de tópicos e conceitos matemáticos e informáticos e possível articulação entre as duas áreas de conhecimento. Pretendia-se também contribuir para a compreensão da participação em ambientes sociais digitais.

Tendo em mente o acima descrito, o DROIDE II desenrolou-se em quatro fases, que de seguida apresento:

Fase 1: Criação de problemas na área da matemática e/ou informática a serem resolvidos através dos robots e criação de robots para abordar problemas específicos dessas duas áreas;

Fase 2: Criação de cenários de aprendizagem utilizando os robots, em diferentes contextos de aprendizagem (escolares, não escolares e virtuais);

Fase 3: Análise da prática dos alunos aquando da resolução dos problemas utilizando os robots nos diferentes cenários de aprendizagem;

Fase 4: Desenvolvimento de um conjunto de linhas orientadoras sobre a utilização dos robots em ambientes de aprendizagem (da Matemática, da Informática).

O esquema teórico do projeto baseou-se na Teoria da Aprendizagem Situada, com conceitos chave da Teoria da Atividade.

A base empírica do projeto teve como objetivo procurar evidência:

1) das aprendizagens matemáticas/informáticas, e outras, quando os robots são mediadores da aprendizagem, o que foi feito através da identificação e descrição:

i) do reportório partilhado que constroem os jovens nessas práticas;

ii) das contradições que surgem nos ambientes de aprendizagem provocados pela introdução dos robots;

iii) das novas formas de atividade emergentes dessas contradições;

iv) dos contributos do uso de robots para o desenvolvimento da competência matemática e/ou informática;

2) dos contributos para a aprendizagem que decorrem da participação em ambientes sociais digitais o que foi feito através da identificação e descrição de:

i) como os jovens explicitaram e comunicaram modos de fazer e de pensar nestes ambientes;

ii) como participaram crítica mas construtivamente nesse tipo de ambientes;

iii) como se consciencializaram da sua própria responsabilidade e iniciativa que este tipo de participação exigiu.

O trabalho antecedente, realizado no projeto de investigação DROIDE, não tinha contemplado a análise de práticas escolares com alunos do primeiro ciclo. No projeto DROIDE II, sentiu-se a necessidade da existência de um cenário de aprendizagem que envolvesse esse contexto para que pudéssemos refletir sobre o uso de robots por crianças deste nível de escolaridade. Foi assim que surgiu o Cenário de Aprendizagem ‘Uma História com Robots’ como fonte de dados ao campo empírico do projeto DROIDE II.

A possibilidade de poder participar no *design* de um cenário de aprendizagem envolvendo crianças do primeiro ciclo, com a finalidade, enquanto professora e investigadora, de compreender a aprendizagem matemática, veio ao encontro daquilo que tinham sido os meus interesses e expetativas até então.

Pode-se dizer que a minha participação no projeto DROIDE II foi o meu ponto de entrada num mundo completamente novo para mim. O trabalho realizado no âmbito da minha investigação de Mestrado (Martins, 2006) em nada se comparou com o que tive a oportunidade de vivenciar enquanto investigadora no projeto DROIDE II.

Considero que o posicionamento dos investigadores *old-timers* do projeto, e aqui não resisto em utilizar o estrangeirismo no sentido da perspetiva situada da aprendizagem, contribuiu para que eu fosse gradualmente construindo a minha identidade enquanto investigadora.

O conhecimento que hoje possuo do que é ser um investigador em educação matemática, deriva da oportunidade que tive em participar (no sentido situado da palavra) em ações nas quais esse conhecimento adquiriu significado. Essas ações foram variadas e vão desde o meu crescimento em termos teóricos, ao uso dessas lentes teóricas como ferramentas na análise de dados, à consciencialização sobre as preocupações metodológicas que devem presidir a uma investigação, à escrita de artigos científicos, à participação em congressos nacionais e internacionais, ao sentido de responsabilidade e de responsabilização que implica pertencer a um projeto de investigação, etc. Ao longo do processo fui, individualmente e no coletivo, encontrando

formas que me permitiram ultrapassar as contradições e dilemas emergentes. E aqui não resisto a importar o vocábulo da teoria da atividade para referir-me à transformação da minha prática e da minha identidade enquanto investigadora.

1.2. Problema e questões de investigação

De acordo com a perspectiva cognitivista, a aprendizagem, ou melhor, a aquisição de conhecimento, faz-se baseada nas alterações das estruturas conceptuais que ocorrem na mente de um indivíduo (Prescott & Cavanagh, 2008). Sob este ponto de vista, o que é aprendido é independente do contexto onde a aprendizagem ocorre.

Nos últimos anos tornou-se largamente aceite que a aprendizagem e a prática da Matemática não são atividades puramente individuais, isoladas de fatores sociais, culturais e contextuais (Brown, Collins & Duguid, 1989; Cobb & Bowers, 1999; Confrey, 1995; Engeström, 1999; Ernest, 1995; Lave, 1988; Nardi, 1996). A aprendizagem ocorre em contextos sociais que influenciam e são influenciados pelos tipos de conhecimento e práticas que neles são construídas (Lave & Wenger, 1991; Wenger, 1998 e Wenger, McDermott & Snyder, 2002).

Vários investigadores na área da Educação Matemática, com o objetivo de estudarem a aprendizagem da Matemática escolar, sob diferentes perspetivas, têm escolhido como referencial teórico, os trabalhos de Lave e Wenger (1991) e Wenger (1998) e os de Engeström (1987, 1999, 2001). Alguns têm-se imbuído de ambas as correntes teóricas para pensarem a aprendizagem matemática escolar.

Tendo como suporte teórico a teoria da aprendizagem situada de Lave e Wenger (1991), Winbourne e Watson (1998) relatam a atividade matemática (e outras) de alunos trabalhando individualmente, colocados no contexto de múltiplas práticas sociais e culturais e que influenciam quem eles são em diferentes momentos na aula de Matemática (e noutras).

Santos (1996) analisa como é que o conhecimento matemático dos alunos é estruturado e desenvolvido em termos que consideram as relações sociais dos alunos num contexto da sala de aula. Fernandes (1998) oferece uma análise da prática matemática escolar, também à luz de uma perspetiva situada, com alunos em contexto da aula de Matemática, trabalhando cooperativamente.

Utilizando uma perspetiva situada da aprendizagem, em complemento com a Teoria de Bernstein, Fernandes (2004) caracteriza as ‘diferentes’ matemáticas dos

alunos, centrando a sua discussão na origem do conhecimento matemático evidenciado pelos estudantes de serralharia em práticas profissionais e em práticas escolares. A validação do conhecimento matemático e os agentes que intervêm nesse processo é outro aspeto analisado neste estudo.

Santos (2004) examina a relevância da perspectiva situada da aprendizagem enquanto ferramenta de análise da aprendizagem de jovens ardinhas em Cabo Verde e identifica potencialidades da sua utilização para interrogar a aprendizagem escolar da matemática. Santos e Matos (2008) apresentam reflexões suportadas por uma visão situada da aprendizagem, combinadas com elementos da teoria da atividade, nomeadamente no que se refere à discussão do papel mediador dos artefactos na aprendizagem matemática desses mesmos ardinhas.

Matos (2010b) expõe um importante contributo apresentando um enquadramento teórico resultante da articulação das duas visões da aprendizagem: aprendizagem como participação e aprendizagem como transformação³. O modelo foi materializado no termo “learning as participatory transformation”. O mesmo autor adianta ainda um conjunto de princípios orientadores para o *design* de cenários de aprendizagem em matemática.

Também tendo como base os fundamentos da perspectiva sociocultural da Teoria da Atividade, e novas formas de conceptualizar a aprendizagem oferecidas, em especial, pelo modelo da teoria da aprendizagem expansiva da autoria de Engeström (1999), Silva (2008) apresenta um estudo que pretende desencadear novos focos de reflexão em torno do papel mediador das tecnologias na educação e da mudança da escola. Uma das propostas apresentadas consiste na elaboração de princípios orientadores para o *design* de cenários de aprendizagem em Matemática no 1.º ciclo com ênfase na relação com a tecnologia.

A integração de tecnologias no ensino e aprendizagem da matemática tem sido um assunto crucial na investigação realizada em Educação Matemática, o qual ainda “(...) raises many unanswered questions” (Adamides & Nicolaou, 2004, p. 139).

Goos (2010) refere que quando se analisa a produção científica neste âmbito, encontra-se uma prevalência em estudos que comparam grupos de alunos utilizando

³ As metáforas utilizadas por Matos (2010b) – aprendizagem como participação e aprendizagem como transformação – derivam do trabalho de investigação realizado no âmbito do projeto LEARN: APRENDER: Matemática, Tecnologia e Sociedade. Também no âmbito do mesmo projeto foram enunciados um conjunto de princípios orientadores para o *design* de cenários de aprendizagem (Matos, 2010a).

tecnologias *versus* grupos de controle onde estas não são utilizadas, partindo do pressuposto que os dois grupos experimentam condições de aprendizagem idênticas. A autora salienta que, ao fazê-lo, estão a ignorar o facto de que a tecnologia “(...) fundamentally changes students’ mathematical practices and even the nature of the mathematical knowledge they learn at school.” (Goos, 2010, p. 67).

Um interessante inventário sobre a investigação feita em educação matemática, relacionada com o uso de tecnologias, é o efetuado por Lagrange, Artigue, Laborde e Trouche (2003). Na sua revisão da literatura os autores evidenciam que o período entre 1994 e 1998 foi particularmente furtivo uma vez que durante esses anos o uso de tecnologias na sala de aula de matemática “(...) became more practical, and literature matured, often breaking with initial naïve approaches.” (p. 238).

O constante crescimento no desenvolvimento de perspetivas socioculturais representaram uma viragem na investigação desenvolvida sendo que, a teoria Vygotskyana, nomeadamente o conceito de zona de desenvolvimento proximal, pareceu assumir particular relevo (Drijvers, Kieran & Mariotti, 2009). Contudo, estudos recentes abriram novos caminhos focando-se no papel desempenhado pela linguagem e outras ferramentas de mediação no ensino e aprendizagem da matemática (Lerman, 1998; Bartolini Bussi & Mariotti, 1999; Kieran, Forman & Sfard, 2001).

As teorias socioculturais populares nos anos 80 e 90 do século passado foram, de uma forma crescente, adotadas e adaptadas por investigadores que revelam um forte interesse no papel da tecnologia na aprendizagem da matemática (Drijvers, 2015; Fernandes, 2013c; Fisher, Lucas & Galstyan, 2013; Joubert, 2013; Olive, 2010).

Como veremos mais adiante neste trabalho, a revisão feita à literatura indicou que as duas correntes teóricas com maior prevalência nos estudos realizados no âmbito da robótica em educação são o *construtivismo* (Piaget, 1929) e o *construcionismo* (Papert, 1980). São poucas as exceções encontradas, nomeadamente as que usam uma perspetiva situada da aprendizagem ou a teoria da aprendizagem expansiva fornecida pela teoria da atividade.

Atendendo ao facto de que não são muitos os autores que têm utilizado os pressupostos da teoria da aprendizagem situada e da teoria da atividade para compreender a aprendizagem matemática quando os alunos, particularmente alunos dos primeiros anos de escolaridade, estão envolvidos em cenários de aprendizagem onde são incluídas tecnologias, consideramos de extrema pertinência o problema de investigação que aqui traçamos.

Tomando por base o entendimento de que a aprendizagem matemática é um fenómeno emergente da participação em práticas sociais e que aprender matemática implica a transformação dos alunos e das práticas nas quais estes se envolvem, foi formulado o seguinte problema de investigação: **compreender a aprendizagem de tópicos e conceitos matemáticos por alunos do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB), participando num projeto com robots.**

O problema de investigação enunciado no parágrafo anterior foi dissecado nas seguintes questões que norteiam o presente estudo. Durante a investigação, estas questões, e as subinterrogações em que se desdobram, foram sendo reformuladas como fruto da relação dialética entre o campo teórico e o campo empírico:

1. Como se caracteriza a aprendizagem e a aprendizagem da matemática?

- (a) Que suporte é fornecido pela Teoria da Aprendizagem Situada para a compreensão da aprendizagem matemática escolar como participação?
- (b) Como se constrói a competência [matemática] dos alunos?
- (c) Que suporte é fornecido pela Teoria da Atividade para a compreensão da aprendizagem matemática escolar como transformação?

2. Qual o papel do Cenário de Aprendizagem na prática matemática escolar?

- (a) Como se caracteriza a prática emergente da implementação de um cenário de aprendizagem com um *design* assente numa metodologia de projeto?
- (b) Quais os contributos do desenvolvimento de cenários de aprendizagem conjuntos no 1.º CEB, envolvendo alunos de turmas de diferentes níveis de escolaridade?
- (c) Qual a relação entre a aprendizagem realizada nas diferentes práticas nas quais os alunos participaram no decurso do projeto com robots?
- (d) Qual a importância dos motivos e dos objetos que mobilizam a atividade coletiva desenvolvida pela implementação do cenário?
- (e) Qual a importância da existência de um empreendimento conjunto na aprendizagem?

3. Que oportunidades são criadas a nível da aprendizagem da matemática quando são utilizados robots num cenário de aprendizagem?

(a) Como é que os robots estruturam a participação e a atividade matemática dos alunos?

(b) Qual o papel dos robots para a reificação e negociação de significados matemáticos?

(c) Qual o papel dos robots como artefactos mediadores da aprendizagem matemática dos alunos?

1.3. A estrutura da Tese

A forma como uma tese está estruturada, apesar de obedecer a determinados parâmetros, não deixa de ser algo muito pessoal. A distribuição da informação em cada um dos capítulos e a forma como estes estão estruturados na tese, expressam o entendimento do autor acerca do que poderá ser uma possível forma de tratar a temática subjacente ao estudo científico realizado.

Esta tese é composta por sete capítulos, incluindo a Introdução e as Referências Bibliográficas. Na parte inicial de cada capítulo apresentamos um resumo do que está a ser tratado e a forma como foi organizado.

Na leitura desta dissertação o leitor irá deparar-se com expressões ou palavras que estarão a negrito, sublinhadas, entre aspas ou entre parênteses. Esta foi a forma encontrada para, de uma forma intencional, sinalizar aspetos que nos pareciam significativos.

Também será pertinente destacar que em cada um dos capítulos além de se poder encontrar subsecções (que derivam da necessidade de se esmiuçar determinados aspetos) ainda tivemos a necessidade de fazer divisões mais pequenas. Estas divisões vão surgir no corpo do próprio texto através do recurso à formatação em negrito e/ou sublinhado de determinadas palavras ou expressões. Com essa diferenciação, tentamos sugerir distinções que, sendo significativas, não justificaram uma separação marcada.

Estrutura dos capítulos na presente investigação:

No segundo capítulo apresentamos as principais ideias resultantes da revisão feita à literatura sobre os trabalhos já publicados relativos à temática em estudo neste trabalho.

Como forma de estruturar o capítulo, centramo-nos em dois tópicos: a reflexão sobre a introdução do robot em contexto escolar e a análise aos três tipos de iniciativas vigentes em robótica educativa: i) *Goal-oriented approach*; ii) *Theme-Based Curriculum approach* e iii) *Project-Based approach* (Eguchi, 2010).

A revisão à literatura foi importante para que pudéssemos obter uma ideia precisa acerca do estado atual da investigação sobre o uso de robots como ferramenta educativa, bem como para pensarmos em possíveis contribuições deste trabalho para o desenvolvimento do conhecimento nesta área.

Apesar de nesta investigação o aprofundamento conceptual ter acompanhado em paralelo o processo analítico, as reflexões emergentes desses dois esforços encontram-se em capítulos separados na redação desta dissertação.

No terceiro capítulo percorremos a base conceptual subjacente às duas teorias, nomeadamente, a Teoria da Aprendizagem Situada e a Teoria da Atividade sendo que, nesse capítulo discutir-se-ão os principais conceitos que serviram de base ao processo analítico encetado na tentativa de se compreender a aprendizagem.

No que diz respeito à Teoria da Aprendizagem Situada (Lave & Wenger, 1991; Wenger, 1998) o principal enfoque deu-se na compreensão da aprendizagem como participação. Para tal, foi importante atender a um conjunto de conceitos que nos permitiram compreender este fenómeno.

Na Teoria da Aprendizagem Situada, os conceitos teóricos apresentam-se entrelaçados, sendo portanto difícil separá-los aquando da sua discussão. Assim, na secção referente a esta temática, apesar de existirem subsecções que orientam a sua leitura, os termos próprios da teoria aparecem recursivamente, sendo que a discussão de uns permitem-nos uma melhor compreensão de outros.

No que se refere à Teoria da Atividade o enfoque deste estudo conduziu-nos à compreensão da aprendizagem como transformação expansiva, sendo particularmente relevante o papel mediador dos artefactos nesta conceptualização.

Assim, começamos por tecer algumas considerações acerca das diferentes gerações da Teoria da Atividade, culminando nos trabalhos feitos pela 3.^a geração, tendo sido especialmente útil o modelo triangular da atividade proposto por Engeström (1987, 1999, 2001) na compreensão do papel mediador dos artefactos na atividade coletiva.

O quarto capítulo é especialmente dedicado à metodologia. Num primeiro momento, contextualizamos teoricamente e justificamos as opções metodológicas

assumidas no presente estudo, procurando enfatizar o enquadramento do seu uso relativamente ao problema desta investigação e à base conceptual adotada.

Num segundo momento, os nossos esforços orientam-se para responder à necessidade de dar a conhecer as pessoas e o mundo empírico em que vivemos o caminho a que este relatório diz respeito. A subsecção intitula-se: O Cenário de Aprendizagem: Uma história com robots e, em termos de escrita, centramo-nos nos constituintes de um cenário de aprendizagem propostos por Carroll (1999) – atores, contexto, ambiente, recursos, enredo e sequência das atividades – de modo a organizar a informação considerada relevante.

O trabalho desenvolvido emergiu do *design* deste cenário de aprendizagem. Num outro contexto empírico, seriam outras as conclusões a que chegaríamos, pois as ligações conceptuais que possivelmente teriam sentido explorar, seriam necessariamente diferentes.

No quinto capítulo interpretam-se os dados à luz do suporte teórico anteriormente apresentado, contribuindo para o seu esclarecimento. É neste capítulo que se exploram complementaridades entre as conceptualizações teóricas, na tentativa de se construírem ferramentas que nos permitissem dar sentido e alimentar as interpretações que a vivência reflexiva no terreno empírico-analítico nos exigiu.

Apesar de não ter sido um objetivo deste estudo, traçar possíveis paralelos entre as perspetivas teóricas usadas, a verdade é que essa ponte surgiu de uma forma natural fruto do esforço encetado na compreensão do enquadramento teórico de ambas, e dos conceitos que melhor se prestavam para a compreensão da aprendizagem. Essas relações acabaram por nortear a organização e escrita da análise dos dados.

Nas conclusões da dissertação, capítulo seis, além de enfatizarmos os principais resultados do estudo, tecemos, igualmente, algumas considerações acerca do paralelo encontrado entre as duas visões de aprendizagem.

Nesse capítulo é onde estabelecemos um novo olhar sobre a aprendizagem, e mais particularmente a aprendizagem matemática, que já não é um olhar essencialmente centrado no terreno empírico mas que se construiu no esforço de evidenciar o modo como o diálogo experiencial e conceptual ajudou a interligar conceitos, a aprofundar compreensões e a formular novos questionamentos sobre a aprendizagem escolar da matemática e sobre a investigação em educação matemática.

O capítulo das conclusões é encerrado com uma secção onde a investigadora reflete sobre o seu percurso na elaboração deste trabalho.

2. ROBÓTICA EM EDUCAÇÃO: ESTADO DA ARTE

Neste capítulo pretendemos analisar e discutir o estado da robótica educativa a nível internacional, e mais particularmente em Portugal. Para tal, iremos fazê-lo tendo em mente dois propósitos.

Por um lado, parece-nos importante refletir sobre o tipo de iniciativas que têm sido levadas a cabo nas últimas décadas com o especial propósito de serem utilizados robots para fins didáticos e educativos. A génese do uso de robots para desempenhar atividades humanas não se deu na escola. Como tal, parece-nos importante sistematizar e compreender de que forma este artefacto tecnológico tem sido introduzido como ferramenta para ‘aprender’.

Em paralelo, faremos uma revisão da literatura no que diz respeito aos estudos científicos decorrentes da análise dessas experiências educativas, procurando apontar de uma forma crítica e reflexiva os principais contributos, lacunas e questões que permanecem em aberto relativamente a esta temática.

2.1. Introdução do uso de Robots em Educação

Apesar de até há bem poucos anos se achar que o robot era algo que apenas se encontrava num filme de ficção científica, a verdade é que a utilização de artefactos desta natureza no nosso quotidiano tem-se tornado cada vez mais efetiva. Contudo muitas vezes não nos damos conta disso.

A utilização de artefactos tecnológicos que, de uma forma autónoma e pré-programada, possam desempenhar ações humanas tem sido crescente nas mais variadas situações. Atualmente existem robots criados para desempenharem atividades domésticas, para operarem a nível industrial, realizarem intervenções na área da saúde, serem utilizados com fins militares ou ainda no setor automóvel.

Apesar de a grande maioria das pessoas identificar robots a serem utilizados nos contextos acima referidos, a verdade é que apresentar uma definição do que é um robot não se mostra tarefa fácil.

Para o *Robotics Industries Association* (2009), um robot é um dispositivo mecânico articulado programável, que consegue, de forma autónoma e recorrendo à sua capacidade de processamento para obter informação do meio envolvente utilizando

sensores, tomar decisões sobre o que fazer com base nessa informação e em informação fornecida *à priori* e manipular objetos do meio envolvente.

Tomando por base esta definição, podemos considerar que, do ponto de vista educacional, a robótica educativa pode ser definida como a utilização de conceitos da robótica (ramo da tecnologia relacionado com a construção e controle de robots) num ambiente de aprendizagem, onde os alunos interagem com robots (Maliuk, 2009).

Nas últimas décadas tem existido um crescente interesse por esta área. A robótica tem sido vista por muitos como uma aposta ganha no que diz respeito a novos e importantes benefícios para a educação em todos os níveis de ensino (Alimisis, 2012; Eguchi, 2010, 2014; Fernandes, 2013b; Johnson, 2003; Kandolfer & Steinbauer, 2014). Fruto disso, as ofertas em termos do mercado dos robots e materiais que servem de base à robótica educativa tem igualmente vindo a aumentar.

A história da robótica na educação nasce com o aparecimento dos computadores no âmbito escolar. Os primeiros passos da robótica em educação foram dados nos anos 80 por Seymour Papert, no laboratório de inteligência artificial do Instituto de Tecnologia de Massachussets – MIT.

No início dos anos 80 a Lego procurou junto do MIT uma colaboração no sentido de poder criar robots que pudessem ser controlados por programas de computador de uma forma interessante e lúdica para as crianças. Esta colaboração baseou-se no trabalho pioneiro que no MIT era desenvolvido na altura por Seymour Papert, nomeadamente no desenvolvimento da linguagem LOGO, que permitia programar o movimento de uma tartaruga no monitor de um computador.

Até esse momento, a tartaruga programada era um objeto virtual. A possibilidade desta parceria levou o criador da linguagem LOGO, Papert, a questionar o uso da tartaruga virtual, seu cognominado ‘objeto-de-pensar-com’ (Papert, 1985), para equacionar o uso de um objeto passível de ser manipulado pelas crianças e com o qual as crianças pudessem interagir no seu mundo físico.

Fruto da parceria estabelecida entre o MIT e a Lego, surgiu em 1986 o Lego TC LOGO. Os robots construídos com peças Lego podiam assim ser programados usando a linguagem LOGO.

Sempre tendo o seu interesse voltado para a forma como se aprende, Papert viu na tecnologia, mais propriamente nos computadores, um meio de atração maior e um facilitador no processo de aprendizagem.

Para Papert, (1980) a linguagem LOGO, mais do que uma linguagem utilizada para programar, constitui uma ferramenta cuja prioridade é colocar o indivíduo como sendo o sujeito da ação, o que lhe permite construir o seu próprio conhecimento, através da formalização de conhecimentos, através do manuseamento e representação de símbolos, programas e procedimentos.

Seymour Papert trouxe à discussão a visão *construcionista* do conhecimento, essencialmente focada na forma como a tecnologia pode mudar o modo como os alunos aprendem. O foco, no entender de Papert (1980), deveria residir na forma diferente como o aluno pode aprender quando utiliza a tecnologia e não propriamente como podemos ensinar de uma forma diferente, tendo à nossa disposição recursos tecnológicos.

De acordo com Papert (1993) a aprendizagem é um processo ativo, no qual os indivíduos ativamente constroem conhecimento fruto das suas experiências no mundo.

Em 1980, no livro *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, Seymour Papert trouxe a ideia de *construcionismo* para a vanguarda das discussões sobre o uso de tecnologias - na altura o computador - no campo da educação. Dois dos principais temas explorados no livro são “(...) that children can learn to use computers in masterful ways and that learning to use computers can change the way they learn everything else” (Papert, 1980, p. 8). Rusk, Resnick e Cooke (2009) resumem a abordagem *construcionista* de Papert da seguinte forma: “People don’t get ideas; they make them” (p.18), procurando enfatizar que as pessoas aprendem quando estão envolvidas na construção de produtos pessoalmente significativos.

Com raízes no *construtivismo* de Piaget (1929), o *construcionismo* proposto por Papert (1980, 1985, 1993) partilha da premissa de que as pessoas dão maior significado ao que aprendem quando envolvidas no ato de criar algo. Contudo, enquanto a teoria de Piaget foi desenvolvida com o intuito de explicar como é que o conhecimento se constrói na nossa cabeça, Papert (1980) dedica particular importância ao papel das construções efetuadas no ‘mundo real’ como suporte para as que ocorrem mentalmente, defendendo que as pessoas aprendem de uma forma significativa quando estão envolvidas na construção de artefactos que para elas são significativos.

Através dos estudos realizados com o ambiente de programação LOGO, o grupo de investigação do MIT, elaborou as cinco dimensões que formam a base do *construcionismo* que, de acordo com Papert (1985), devem servir de suporte para a criação de ambientes de aprendizagem. Essas dimensões são:

Dimensão pragmática: refere-se à sensação que o aluno tem de estar a aprender algo que pode ser utilizado no imediato e não num futuro distante. O despertar para o desenvolvimento de algo útil coloca o aluno em contacto com novos conceitos;

Dimensão sintónica: a construção de projetos em sintonia com o que o aluno considera importante fortalece a relação aluno-projeto, sendo este um fator importante no sucesso da sua aprendizagem;

Dimensão sintática: diz respeito à possibilidade de o aluno facilmente aceder aos elementos básicos que compõem o ambiente de aprendizagem e progredir na manipulação destes elementos de acordo com a sua necessidade e desenvolvimento cognitivo;

Dimensão semântica: refere-se à importância de o aluno lidar com elementos que carregam significados que fazem sentido para ele, em vez de meros formalismos e símbolos;

Dimensão social: aborda a relação da atividade com as relações pessoais e com a cultura do ambiente no qual se encontra. O ideal é criar ambientes de aprendizagem que utilizem materiais valorizados culturalmente.

Os estudos preconizados por Papert (1980) ou mais recentemente por Resnick (2002, 2006, 2013) no âmbito de grupos de trabalho do MIT têm mostrado que muitas das experiências de aprendizagem significativas resultam do facto das crianças não estarem envolvidas apenas na interação com a tecnologia, mas na conceção, criação e *design* da sua própria aprendizagem utilizando a tecnologia (Papert, 1980; Resnick, 2002).

2.2. Robótica em Educação: revisão da literatura

Apesar de ainda não existir a introdução sistemática da robótica nos currículos escolares do sistema escolar europeu (Alimisis, 2013) a verdade é que na última década a utilização de robots em contexto educacional tem vindo a ganhar uma crescente expressão e interesse por parte de professores e investigadores, sendo várias as tentativas feitas nacional e internacionalmente visando a introdução da robótica na educação, desde o nível pré-escolar ao ensino superior.

A revisão de literatura sobre robótica educativa mostra que os robots têm sido usados nos mais diversos níveis de ensino. As iniciativas implementadas revelam relativa diversidade no que diz respeito ao público alvo, aos objetivos pedagógicos, às

metodologias utilizadas e à abrangência das instituições envolvidas (Benitti, 2012; Mubin, Stevens, Shahid, Mahmud & Dong, 2013).

De acordo com Alimisis (2009) a robótica educativa pode assumir duas vertentes: a robótica como ferramenta de aprendizagem ou robótica como objeto de aprendizagem, dependendo do papel que a robótica pode desempenhar no processo de aprendizagem.

A robótica como objeto de aprendizagem “(...) includes educational activities where robotics is being studied as a subject on its own.” (Alimisis, 2009, p.17). Neste caso, a inclusão do robot tem como principal propósito o estudo da robótica em si, nomeadamente, a construção e programação do robot e a inteligência artificial. Num capítulo dedicado a esta temática, Alimisis (2009), refere a adequabilidade do *kit* de robótica NXT da Lego Mindstorms para este tipo de atividades e apresenta alguns exemplos para a construção e programação de veículos robóticos.

A robótica como ferramenta de aprendizagem “(...) is usually seen as an interdisciplinary, project-based learning activity drawing mostly on Science, Maths, Informatics and Technology and offering major new benefits to education in general at all levels.” (Alimisis, 2009, p.17).

Apesar de o autor fazer a classificação acima descrita, acrescenta que esta distinção entre a robótica como ferramenta ou como objeto de aprendizagem é algo que por vezes é pouco clara. Mesmo nos casos em que a robótica é o objeto de aprendizagem, não podemos descurar que ao construir e programar robots “(...) students learn important engineering, math, and computer science concepts (...) [and] Robotics can enhance learners’ research attitudes, allow learners to make assumptions, carry out experiments and develop their abstracting skills.” (Alimisis, 2009, p. 17).

Para melhor podermos discutir e sistematizar as diferentes iniciativas levadas a cabo nos últimos anos no âmbito da robótica educativa vamos incidir o nosso foco nas três categorias apresentadas por Eguchi (2010).

De acordo com este autor, a introdução da robótica em educação tem sido feita centrada em três diferentes contextos: i) *Goal-oriented approach*; ii) *Theme-Based Curriculum approach* e iii) *Project-Based approach*.

2.2.1. Competições e Torneios de Robótica

A primeira das categorias avançada por Eguchi (2010) – *Goal-oriented approach* – refere-se à participação dos alunos de diferentes níveis de escolaridade em

competições e torneios de robótica desenvolvidos, na sua maioria, em ambiente não escolar.

Apesar de já serem muitas as iniciativas do género que agora ocorrem a nível internacional, destacamos neste trabalho as duas competições consideradas mais populares: a First Lego League e a RoboCupJunior.

First Lego League: importada de uma iniciativa de sucesso realizada nos Estados Unidos da América, trata-se de uma competição que envolve alunos dos níveis de ensino básico, com idades compreendidas entre os 9 e os 16 anos.

Nasceu nos Estados Unidos da América fruto de uma parceria entre a organização FIRST (que se dedica à promoção da ciência e da tecnologia entre os jovens) e a Lego. A primeira competição data do ano de 1992 e a adesão ao evento tem vindo a crescer anualmente.

Todos os anos, os alunos, participando em equipas, exploram um problema que os cientistas e engenheiros da atualidade procuram resolver. A ideia é que os envolvidos desenvolvam uma solução inovadora para esse problema e que partilhem as suas descobertas. As equipas criam, constroem e programam um robot autónomo, usando a tecnologia LEGO® MINDSTORMS® para ganharem pontos na competição.

No ano 2015-2016 seguindo o lema “*We’re not talking trash – we’re cleaning it up!*”, mais de 233.000 crianças de mais de 80 países exploraram o desafio proposto, tendo subjacente a temática do lixo. Desde a recolha, passando pela triagem até à produção e reciclagem. Em Portugal, o torneio realizou-se a 19 de março de 2016.

O desafio proposto pela First Lego League é composto por três partes: As missões (**Robot Game**), o **Projeto** e os **Valores** First Lego League.

No **Robot Game**, as equipas são desafiadas a construir e programar um robot autónomo LEGO MINDSTORMS®. O robot é utilizado para marcar pontos através da realização de missões. Estas missões são inspiradas pelo tema do desafio desse ano. As missões exigem que o robot navegue, capture, transporte ou entregue objetos. O conjunto tem um tapete impresso (Campo) e as missões são feitas em peças de Lego. O robot tem um determinado período de tempo para completar o máximo possível de missões.

Através do **Projeto**, as equipas irão aprender mais sobre a ciência por detrás do tema do desafio. As crianças usam a sua criatividade para conceber uma solução, ou modificar uma solução existente, para resolver um problema do quotidiano. A organização costuma informar com alguns meses de antecedência qual o tema do

desafio. Mesmo que a equipa não saiba os detalhes exatos do desafio, pode começar a pesquisar o tema assim que este é anunciado.

Os **Valores** da First Lego League devem estar presentes na forma como as equipas executam o seu trabalho. Esses valores são: 1. Somos uma equipa; 2. Trabalhamos para encontrar soluções com orientação dos nossos treinadores e mentores; 3. Sabemos que os nossos treinadores e mentores não têm todas as respostas, aprendemos juntos; 4. Praticamos e honramos o espírito da competição amigável; 5. Aquilo que descobrimos é mais importante do que o que ganhamos; 6. Partilhamos as nossas experiências com os outros; 7. Demonstramos profissionalismo em tudo o que fazemos; 8. Nós divertimo-nos!

RoboCup Júnior: A RoboCup Júnior trata-se de uma iniciativa subjacente à RoboCup, que é uma competição mundial que se desenrola todos os anos.

A RoboCup conta sempre com duas partes essenciais: as competições e uma conferência científica. As competições dividem-se em três grupos (*RobocupSoccer*, *RobocupRescue* e *RobocupJunior*), sendo cada um composto por várias ligas. Na conferência, que decorre após as competições, são apresentados e discutidos trabalhos científicos da área da robótica.

A primeira edição da RoboCup decorreu em 1997 em Nagoya no Japão, depois de ter sido organizada uma pré-Robocup em Osaka para identificar possíveis problemas e dificuldades na organização deste tipo de eventos a uma escala global.

Inicialmente, o futebol foi a grande motivação para a Robocup. Na *RobocupSoccer* o objetivo selecionado visa desenvolver uma equipa de robots autónomos capaz de jogar ao nível da melhor equipa mundial de futebol no ano de 2050. Contudo, com o passar do tempo, a natureza das competições tem-se tornado diversificada.

Na *RobocupRescue* são simuladas situações de resgate e salvamento. Os desafios colocados remetem para contextos envolvendo um grande número de agentes de diferentes áreas que, ao trabalharem em conjunto num ambiente de catástrofe, procuram dar resposta a diferentes problemáticas.

A *RobocupJunior* procura introduzir os objetivos da Robocup aos alunos do ensino básico e secundário. Nesta competição os envolvidos criam e constroem robots para uma variedade de desafios, e competem uns contra os outros. A competição é desenvolvida em vários países.

Em Portugal, têm-se realizado diversas provas da RoboCup tipicamente integradas nos festivais nacionais de Robótica que ocorrem já desde 2001. No ano de 2016, o Robótica 2016, promovido pela Sociedade Portuguesa de Robótica, é composto por uma conferência internacional, *International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions* (ICARSC- IEEE), pelo Festival Nacional de Robótica onde vários tipos de robots competem e por uma exposição na área da robótica.

Em termos gerais, uma competição *RoboCup Júnior* contempla três categorias diferentes. São elas: *Soccer Challenge*, *Rescue Challenge* e *Dance Challenge*.

No desafio *Soccer Challenge* as equipas competem num pequeno campo de futebol pintado de verde. A bola contém no seu interior um transmissor, o que facilita a sua deteção por parte dos robots. No *Rescue Challenge* as equipas têm de construir pequenos robots capazes de andar num cenário de desastre, de modo a encontrar as vítimas (desenhos coloridos no chão), desviar-se de obstáculos e enfrentar os desníveis no solo. Tudo isto é feito de forma autónoma, devendo seguir uma linha (quando presente) no chão. Diferentes pontuações são atribuídas a diferentes tarefas e pontos são tirados por falhas na execução da tarefa. O tempo total é cronometrado. A equipa que conseguir a maior pontuação é declarada campeã.

No *Dance Challenge* as equipas devem criar robots e uma coreografia. O objetivo desta modalidade é criar uma apresentação de dois minutos coreografada com uma música, com atenção especial para a construção do robots e sua programação. Os elementos da equipa podem dançar junto dos seus robots. Um júri decide os vencedores, baseado em diversos critérios tais como a programação, a caracterização e a coreografia.

Em termos de competições nacionais podemos dizer que o evento com maior expressão é o Festival Nacional de Robótica, realizado desde 2001. Todos os anos, a Sociedade Portuguesa de Robótica lança o convite às entidades interessadas em apresentar a sua candidatura à organização do referido evento. O número de inscritos nas diferentes categorias tem vindo a aumentar nos últimos anos. É com algum orgulho que entre os participantes encontramos a SPAR – Sala de Projetos de Automação e Robótica da Escola Básica Secundária Francisco Franco – Funchal.

A par desta iniciativa de grande escala, são levadas a cabo outras no âmbito da competição em robótica de menor dimensão em outros pontos do país, tais como a RoboParty - <http://www.roboparty.org/w/abstract.php> e a competição denominada Robô Bombeiro- <http://robobombeiro.ipg.pt/>.

Muitos autores ressaltam o impacto positivo da participação de alunos de diferentes níveis de ensino em competições de robótica:

Artigo	Idade/Nível de ensino	Aspetos positivos da participação em competições de robótica
Almeida, Azevedo, Cardeira, Costa, Fonseca, Lima, Ribeiro & Santos, (2000)	Universitário	Extensão dos conteúdos científicos trabalhados nos cursos ministrados; Forma de potenciar o progresso científico e tecnológico na área da robótica; Aspetos motivacionais.
Chung, Cartwright & Cole, (2014)	5.º ano -12.º ano	Melhoria das aprendizagens nas áreas STEM
Kaloti-Hallak, Armoni & Ben-Ari, (2015)	13-15 anos	Aprendizagens significativas na área das ciências da computação; Resolução de problemas em contextos variados; Desenvolvimento da autonomia dos alunos.
Sklar, Eguchi & Johnson, (2003)	7-23 anos	Aprendizagem de tópicos de robótica presentes no currículo; Aspetos motivacionais; Desenvolvimento de competências académicas e pessoais (trabalho em equipa e tolerância pelo outro).
Whyffels, Bruneel, Kindermans, D'Haene, Woestyn, Bertels & Schrauwen, (2011)	Universitário (curso de engenharia)	Aprendizagem de tópicos ligados à programação e eletrónica; Desenvolvimento da criatividade e da capacidade de trabalho em equipa.

Tabela 1 – Artigos sobre o impacto positivo da participação dos alunos em competições de robótica

Da análise feita aos artigos acima referenciados e a outros que por se enquadrarem no mesmo espectro não foram aqui colocados, denotamos que em todos eles os impactos positivos anunciados derivam das perceções que os envolvidos (professores e alunos) têm da sua participação nas ditas competições. Na sua grande maioria foram utilizados questionários aos participantes como forma de aferir os impactos da sua participação numa determinada competição. Não encontramos estudos

qualitativos que se debruçassem sobre esta temática, salvo o realizado por Petre e Price, (2004).

Analisando a revisão da literatura no que diz respeito à participação de alunos em competições robóticas denotamos igualmente que os ganhos para as aprendizagens dos alunos são descritos quase exclusivamente ligados à robótica ou à computação. Não foram encontrados estudos que discutam a competição robótica como meio ou veículo que potencie a aprendizagem de tópicos de diferentes áreas do currículo.

A participação em competições de robótica é entendida como uma atividade extracurricular. Contudo, pareceram-nos muito interessantes as abordagens feitas por Pisciotta, Vello, Bordo e Morgavi (2010) e Almeida (2015) no que diz respeito ao uso do robot na sala de aula como ferramenta para a aprendizagem de conteúdos curriculares, tendo em vista a posterior participação numa competição de robótica.

Em Pisciotta et. al (2010), alunos do curso de eletrónica de uma escola profissional construíram e programaram robots para corresponderem a determinados desafios propostos. Os resultados apontam para benefícios relativamente à aprendizagem de conteúdos curriculares da física e da matemática. Como estímulo adicional existia a possibilidade de participação numa competição de robótica. Os autores referem que a participação na competição representou um fator muito importante no envolvimento dos alunos. Em equipa, procuraram fazer face aos problemas encontrados, testaram estratégias para os resolver, pondo em prática conhecimentos das áreas acima referidas. A possibilidade de poderem competir contra alunos de outras escolas nas quais tinham tido insucesso, representou também um impacto muito grande na autoestima destes alunos.

Em Almeida (2015), alunos do 4.º ano de escolaridade participaram num projeto de robótica. O estudo enfatiza os contributos do uso do robot em contexto escolar para o desenvolvimento do pensamento computacional e para a aprendizagem de conteúdos curriculares, nomeadamente na matemática e no português.

Nesse projeto, os alunos realizaram diversas atividades relacionadas com a programação de robots, de modo a efetuar uma prova com vista à sua participação no Festival Nacional de Robótica. As equipas selecionadas foram escolhidas em função dos conhecimentos adquiridos e do trabalho realizado em sala de aula.

Estes dois estudos apresentam possíveis abordagens pedagógicas complementares à participação dos alunos em competições de robótica.

2.2.2. Robots na aprendizagem de temas curriculares

Apesar da robótica educativa “(...) still seen as an extracurricular activity and a part of informal education” (Mubin et. al, 2013, p. 5) muitos são os estudos que têm sido realizados nas ultimas décadas com especial enfoque na inclusão de robots em contexto escolar.

Mitnick, Nussbaum e Soto (2008) alertam para o facto de a grande maioria destas iniciativas estarem direccionadas para assuntos intrinsecamente relacionados com a robótica, tais como “(...) robot programming, robot construction, or mechatronics” (p.367). Na sua revisão literária, os autores apresentam um rico levantamento de estudos onde os robots são utilizados em experiências educativas com esse enfoque. Um importante aspeto focado pelos autores é que, na maioria dessas experiências, o robot desempenha “ (...) a passive role, being the end or a tool of the educational activity.” (p. 369).

Alguns autores salientam que a maioria da literatura referente à robótica educativa baseia-se em relatórios descritivos de iniciativas individuais de professores, afirmando terem atingido resultados positivos com a utilização de robots nas suas práticas (Caci, Cardaci, & Lund, 2003; Petre & Price, 2004; Williams, Ma, Prejean, Lai & Ford, 2007). Como tal, parece-nos que a sustentação científica de tais resultados poderá ser pouco efetiva.

Na exaustiva revisão da literatura apresentada por Benitti (2012), baseada em seis bases de dados internacionais, a autora refere que 80% dos artigos analisados exploram tópicos relacionados com a física e a matemática, isto é, ligados às áreas STEM (Sciences, Technology, Engineering and Mathematics).

Os 170 artigos analisados reportam experiências relacionadas com “(...) Newton’s Laws of Motion, distances, angles, kinematics, graph construction and interpretation, fractions, ratios and geospatial concepts. The articles also emphasize skills that can be developed or improved through robotics, emphasizing skills in problem solving, logic and scientific inquiry.” (p. 981).

Um importante aspeto que merece ser enfatizado é que no levantamento acima referido, (Benitti, 2012), apenas foram analisados estudos que apresentam uma metodologia quantitativa no estudo dos benefícios do uso de robots para a aprendizagem. Com efeito, o estudo salienta que “(...) it can be seen that there is a lack

of research with quantitative assessment of learning, expanding the use of robotics to other areas of knowledge (i.e. areas not related to the exact sciences).” (p. 982).

Ao analisarmos os artigos mencionados em Benitti (2012) também denotamos que, na sua grande maioria, existe uma prevalência em atividades realizadas fora da sala de aula, nomeadamente *workshops* ou atividades em campos de férias. O estudo revela uma evidente escassez em estudos com enfoque na utilização de robots em contexto de sala de aula.

Na pesquisa efetuada no âmbito da execução deste trabalho denotamos que, mesmo sendo utilizadas outras bases de dados distintas das utilizadas por Benitti (2012), a revisão da literatura conduz-nos a um número elevado de estudos onde o uso de robots em experiências educativas está especialmente voltado para o impacto nas aprendizagens dos alunos nas áreas STEM. Denotamos, igualmente, que o estudo desse impacto é maioritariamente feito tendo por base paradigmas de investigação de natureza quantitativa e muitos deles referem-se a experiências levadas a cabo fora da sala de aula.

Contudo, atendendo à natureza da presente investigação, ao fenómeno em estudo e ao problema de investigação – que revela preocupações relativas à compreensão da aprendizagem de tópicos e conceitos matemáticos – gostaríamos de enfatizar alguns estudos internacionais e nacionais que, de alguma forma, se enquadram na temática que aqui se pretende discutir:

Artigo	Idade/Nível de ensino	Contexto	Área(s) Curricular(es)	Principais Resultados
Alimisis & Boulougaris, (2014)	Secundário	Sala de aula	Física	“(…) evidence from this robotic activity provided positive indications that it helped the students to improve significantly their graphing abilities related to the phenomenon of motion” (p. 8)
Alimisis, Karatrantou & Tachos, (2005)	Curso técnico de eletricidade e mecânica	Projeto escolar de robótica	Matemática e Física	“At the end of the project [students] could not only give a description, although not very precise, about rotation speed, frequency and transmission gear

				systems but they were also able to argue about them.” (p. 84) “(…) students acquired a better opinion of themselves as capable learners and their self-confidence was obviously enhanced.” (p.84)
Yoshino & Zang, (2015)	Ensino Básico	Sala de aula	STEM com especial enfoque na Matemática	“This paper (...) describes a learning flow for the proportional relationship curriculum in the arithmetic and mathematics classes of elementary and junior high schools” (p. 182)

Tabela 2 – Artigos internacionais relativos ao uso de robots na aprendizagem de temas curriculares

Artigo/Tese	Idade/Nível de ensino	Contexto	Área(s) Curricular(es)	Principais Resultados
Abrantes, (2009)	12.º ano	Disciplina de Área Projeto	TIC (Disciplina de Tecnologias de Informação e Comunicação)	“(…) conseguir num espaço de tempo tão curto que alunos, completamente desconhecedores de uma linguagem de programação, programem e analisem código criticamente, é realmente muito interessante e põe em evidência as potencialidades dos robots como mediadores da aprendizagem.” (p.99)
Conchinha & Freitas, (2015)	Ensino Básico (5.º-7.º anos)	Apoio individualizado	Matemática e Inclusão Social	“Os participantes construíram, programaram e interagiram com o robot no intuito de desenvolver as suas capacidades sociais e adquirir ou aprofundar conhecimentos específicos, como a ordem dos números e

				números decimais.”(p.26)
Fernandes, Fermé & Oliveira, (2006)	Ensino Básico (8.º ano)	Sala de aula	Matemática	“Function concept was apprehended in a significative way. The Definition of function emerged as a final conclusion of students work and not as a starting point.” (p.9)
Fernandes, Fermé & Oliveira, (2009)	Ensino Básico (8.º ano)	Sala de aula	Matemática	“The results indicate that the use of robots to study proportionality as a function aided and supported student learning.” (p. 1212)
Lopes & Fernandes, (2012)	Ensino Básico (8.º ano)	Sala de aula	Matemática	“Os dados analisados elucidam como é que os alunos, engajando-se na prática, aprenderam Estatística com robots.” (p. 1)
Gomes, (2013)	Secundário (10.º ano)	Sala de aula	Matemática	“(…) os robots facilitaram a compreensão do conceito de função. (p. 57) “(…) esta abordagem tecnológica permitiu o desenvolvimento de outros objectivos e competências gerais referenciados no próprio programa de Matemática, (…) como são os valores e atitudes” (p.58)
Oliveira, (2007)	Ensino Básico (8.º ano)	Sala de aula	Matemática	“(…) [o uso de robots] possibilitou que os alunos aprendessem de forma significativa o conceito de função e reformulassem a percepção que tinham de outros, como o caso da proporcionalidade directa e da constante de proporcionalidade directa.” (p.172)

Tabela 3 – Artigos/Teses nacionais relativos ao uso de robots na aprendizagem de temas curriculares

Debruçando o nosso olhar sobre os trabalhos diretamente relacionados com a aprendizagem de conceitos ligados à matemática, gostaríamos de tecer algumas considerações sobre os mesmos.

Os trabalhos acima referenciados parecem-nos constituir abordagens de referência no que diz respeito à análise e discussão da utilização de robots para a aprendizagem de um conteúdo matemático específico – como seja a proporcionalidade direta, a ordenação numérica ou a noção de função – ou ainda de toda uma unidade temática, como seja o caso da Estatística.

Na grande maioria dos estudos, as atividades propostas pautaram-se pela construção e programação de robots (ou estruturas robóticas) pelos alunos para que depois fossem utilizados como ferramentas de apoio na resolução de fichas de trabalho fornecidas pelo professor. Em qualquer um dos casos as fichas de trabalho foram idealizadas pelo professor acreditando que, da discussão do trabalho feito na resolução das mesmas, pudessem emergir os conteúdos programáticos visados. Em Conchinha e Freitas, (2015) e em Lopes e Fernandes (2012) a metodologia de trabalho não se pautou pelo uso de fichas de trabalho de apoio.

No primeiro trabalho, os alunos construíram e programaram robots, sendo que depois interagiram com eles. Para nós não ficou claro que tipo de interação existiu e o que foi proposto aos alunos com vista a aprendizagem dos conteúdos matemáticos referidos no artigo.

Em Lopes e Fernandes (2012) a metodologia de trabalho foi mais ‘aberta’. Apesar do intuito ser a aprendizagem da estatística, as atividades propostas aos alunos não transpareceram essa intencionalidade. Os alunos construíram e programaram robots para realizarem corridas. Os dados das corridas foram utilizados pelos alunos para decidirem o vencedor. Os argumentos para que um determinado robot fosse vencedor deram azo à exploração dos conteúdos estatísticos de 3.º Ciclo do Ensino Básico.

A natureza das atividades propostas aos alunos enquadra-se no que se considera uma metodologia de trabalho de projeto, pois os alunos estiveram ativamente envolvidos numa situação-problema: ganhar corridas com robots. Não incluímos este trabalho na categoria seguinte, pois consideramos que este projeto esteve particularmente voltado para a aprendizagem da matemática, nomeadamente da estatística, não tendo como propósito explorar o caráter interdisciplinar das atividades desenvolvidas.

2.2.3. Projetos interdisciplinares com Robots

A metodologia de trabalho baseada em projetos – *Project-Based approach* – não consiste numa abordagem especificamente ligada à robótica educativa ou, em termos mais gerais, ao uso de tecnologia em contexto escolar.

No final do século XIX, Dewey (1902) fundou uma escola primária na qual as crianças, organizadas em pequenos grupos, trabalhavam coletivamente em projetos relacionados com temáticas do seu quotidiano. A metodologia por detrás dos projetos assentava na procura de respostas e soluções para esses problemas.

Do ponto de vista teórico, em 1918, Kilpatrick publicou um artigo intitulado “*The Project Method*” no qual define um projeto como uma atividade desenrolada num determinado ambiente social, que tem subjacente um propósito específico, em que os participantes estão totalmente envolvidos.

Nas últimas décadas muitos autores têm-se dedicado a esta temática. O resultado são algumas considerações que julgamos serem importantes stressar quando se pensa num ambiente em que se adota uma metodologia de projeto.

Em primeiro lugar poderá ser importante mencionar o tipo de tarefas propostas aos alunos e a metodologia de trabalho utilizada na consecução dessas tarefas.

No desenvolvimento de um projeto os alunos trabalham em equipas, sendo que cada equipa deverá organizar-se e tomar as opções que considerar mais oportunas e acertadas para que o projeto seja concluído com sucesso. Desta forma, o papel do professor deverá ser o de moderador ou orientador no sentido de auxiliar os alunos nas dificuldades sentidas. Deverá partir dos alunos a divisão das tarefas e das responsabilidades que consideram necessárias assumir relativamente às mesmas (Legrand, 1986).

Outro aspeto relevante no desenvolvimento de um projeto prende-se com o propósito comum que acima falamos.

O propósito pode variar desde um conceito que se pretende conhecer; uma técnica que se quer dominar; uma produção artística que se quer criar. Em qualquer um dos casos, este propósito é o que parece manter as pessoas envolvidas (Bruner, 1998).

Em robótica educativa esta ideia tem vingado, sendo que muitos salientam a extrema importância deste propósito comum no envolvimento dos alunos (Alimisis, 2013; Fernandes, 2013c; George & Leroux, 2001; Rusk, Resnick, Berg & Pezalla-Granlund, 2008). Independentemente das aprendizagens que se almejam atingir com a

consecução do projeto, o propósito do mesmo não deverá incidir apenas nos conteúdos disciplinares que se pretendem tratar.

O propósito do projeto deverá estar relacionado com temáticas que sejam do interesse dos alunos, isto é, que surjam de curiosidades ou preferências manifestadas pelos mesmos. Resnick (2006) foca alguns projetos realizados por alunos onde o propósito passa, por exemplo, pela construção de um robot que é atraído por *flashes* de luz à semelhança de um dinossauro do filme Jurassic Park ou de uma estrutura para alimentar pássaros, onde os alunos conseguem ter a perceção do número de vezes que os pássaros a usariam para se alimentar.

Algumas diretrizes relativamente ao *design* de projetos foram enunciadas por Resnick e Ocko (1991). Para estes autores os projetos deverão:

- ✓ envolver as crianças como participantes ativos, dando-lhes um sentido de controle e responsabilidade no processo de aprendizagem;
 - ✓ centrar-se na resolução criativa de problemas;
 - ✓ ser interdisciplinares, trazendo ideias das artes, tecnologia, matemática e ciências;
 - ✓ ajudar as crianças a colocarem-se na mente dos outros, uma vez que estas precisam considerar a forma como os outros irão utilizar as suas criações;
 - ✓ promover oportunidades para a reflexão e colaboração;
 - ✓ fornecer um *loop* que represente um *feedback* positivo para a aprendizagem.
- Quando as crianças criam coisas novas elas criam novas ideias, conduzindo-as à criação de novas coisas. E assim sucessivamente.

Na revisão da literatura levada a cabo no âmbito deste trabalho foram vários os artigos encontrados que, no seu resumo, indicavam debruçar-se sobre o envolvimento dos alunos em projetos de robótica. Contudo, ao efetuarmos uma análise detalhada aos mesmos, verificamos que existe uma escassez de trabalhos que recaiam na categoria que aqui sistematizamos.

São praticamente inexistentes os estudos feitos na área da educação relativamente a experiências em que os alunos estejam envolvidos em projetos interdisciplinares, no sentido em que aqui se conceptualiza a metodologia de trabalho de projeto. Salientamos, no entanto, alguns trabalhos internacionais e nacionais que se enquadram na esfera que aqui se discute:

- ✓ Em Frangou et al. (2008) podemos encontrar alguns exemplos de projetos desenvolvidos em diferentes países, nos quais os alunos constroem e programam robots

para corresponderem a desafios diversificados tais como, a gestão do tráfego numa cidade; a saída de um labirinto; o percurso de um produto numa linha de montagem de uma fábrica; etc.

Os autores salientam a importância dos alunos estarem envolvidos em situações do quotidiano. Contudo, gostaríamos de salientar que em nenhum dos casos as situações subjacentes aos projetos partiram de problemáticas para as quais os alunos tivessem previamente manifestado interesse em debruçar-se.

✓ Em Ribeiro (2006) 5 alunos do 1.º ciclo (3.º e 4.º anos) estiveram envolvidos num clube de robótica nas férias de verão onde foram desafiados a construir e programar robots para dramatizar a história tradicional da Carochinha. Apesar das aprendizagens decorrentes deste projeto estarem relacionadas com diferentes áreas, nomeadamente, a matemática, a língua portuguesa, as expressões ou a educação tecnológica (Ribeiro, 2006), a verdade é que o propósito dos alunos, isto é, o fator que os levou a estarem envolvidos, não se relacionou diretamente com esse facto. O propósito era construir e programar robots para encenarem a história da Carochinha.

✓ Em Santos (2012) alunos do ensino secundário de diferentes regiões de Portugal estiveram envolvidos num projeto de robótica onde diferentes equipas interagiram num ambiente virtual. O propósito por detrás do projeto era cada equipa conseguir construir e programar um robot para resolver um conjunto de problemas propostos. O estudo enfatiza as aprendizagens de conceitos matemáticos e informáticos decorrentes do envolvimento dos alunos neste projeto.

2.3. Robótica Educativa: Algumas considerações

Do que temos vindo a analisar e a discutir no presente capítulo, gostaríamos de sumariar algumas considerações resultantes da revisão feita à literatura no que diz respeito ao uso de robots em educação:

i) Têm sido muitas as iniciativas levadas a cabo nos últimos anos visando o uso de robots em contextos educativos. Contudo, realçamos que são escassas as experiências em que o robot é utilizado em contexto de sala de aula. Maioritariamente, os estudos estão relacionados com a participação de alunos em competições de robótica ou em *workshops* de robótica escolares ou extra escolares;

ii) Existe uma escassez de estudos adotando uma metodologia de investigação qualitativa. A predominância são estudos feitos tendo subjacente um paradigma

quantitativo, baseados em dados resultantes de inquéritos feitos aos alunos e professores ou tutores envolvidos. Em alguns casos, os dados que evidenciam os contributos do uso dos robots para a aprendizagem advêm do desempenho dos alunos em exames e testes padronizados;

iii) Os estudos analisados enfatizam a importância do uso de robots em atividades nas quais os alunos possam expressar a sua criatividade, o espírito de equipa, o seu sentido crítico na resolução de problemas e o desenvolvimento da sua autonomia e autoconfiança. A robótica é apresentada como uma ferramenta com muito potencial no desenvolvimento destas capacidades;

iv) A grande maioria dos estudos encontrados relacionam-se diretamente com a análise dos contributos do uso de robots para a aprendizagem de conceitos específicos da robótica ou, de uma forma mais abrangente, de conceitos relativos às áreas STEM. Apesar de existirem alguns artigos que focam o potencial da robótica educativa para as aprendizagens dos alunos em áreas distintas das acima referidas, a verdade é que não remetem para estudos em que essas aprendizagens tenham sido analisadas e discutidas de uma forma efetiva.

v) Do ponto de vista educacional importa-nos refletir sobre as perspetivas teóricas subjacentes aos estudos encontrados e em que medida elas sustentam as atividades propostas aos alunos e a análise feita às aprendizagens daí decorrentes. Com efeito, “(...) it is the theory that will determine the learning impact coming from robotic applications” (Alimisis, 2012, p. 7).

A revisão da literatura leva-nos a afirmar que as duas correntes teóricas com maior prevalência nos estudos realizados no âmbito da robótica em educação são o *construtivismo* (Piaget, 1974) e o *construcionismo* (Papert, 1980). São poucas as exceções (Abrantes, 2009; Fernandes, 2013b; Fernandes et al., 2006, 2009; Lopes & Fernandes, 2012; Martins, 2012b; Martins & Fernandes, 2015a, c; Santos, 2012. Sendo que nestas, o enquadramento baseia-se na Teoria da Aprendizagem Situada e/ou na Teoria da Atividade.

vi) Apesar de serem muitos os estudos que apontam para os contributos da inclusão dos robots em contexto educativo, alguns autores revelam algumas preocupações relativamente à forma como estes artefactos estão a ser utilizados, nomeadamente relativamente à metodologia de trabalho subjacente (Resnick, 2002).

Bredenfeld, Hofmann e Steinbauer (2010) comparam a utilização da robótica em educação a uma orquestra que apesar de ser composta por um incrível grupo de

músicos, possuindo instrumentos fabulosos, não é capaz de reproduzir uma sinfonia capaz de ‘convencer’ o seu público. Todos os músicos da orquestra tentam convencer os outros a usar os seus instrumentos e a tocar num clube local que não é capaz de acomodar a orquestra. Além disso, os músicos usam diferentes significados para as suas obras e notas e não concordam em concreto com a sinfonia que realmente querem tocar.

Desta forma salientamos que muitas questões ainda estão em aberto no âmbito da robótica educativa, sendo necessária e urgente uma reflexão cuidada sobre a temática.

3. SOBRE A APRENDIZAGEM

Na presente investigação foi assumindo força a ideia de se procurar perceber o que é que se pode ganhar para a compreensão da aprendizagem – em particular da aprendizagem matemática – quando se utilizam como lentes teóricas, elementos de duas teorias sociais da aprendizagem: a Teoria da Aprendizagem Situada (aprendizagem como participação) e a Teoria da Atividade (aprendizagem como transformação).

Mas porquê um olhar privilegiado sobre estas perspetivas teóricas e não outras? Por um lado, o facto de este estudo ter sido realizado no âmbito de um projeto de investigação cujo enquadramento teórico incidia sobre estas duas correntes, fez com que a lente utilizada para se olhar os dados se centrasse em elementos teóricos destas duas perspetivas. Por outro lado, foi preponderante para a utilização de ambas (e não de apenas uma) a existência de algumas raízes comuns e proximidades entre a perspetiva de aprendizagem de Lave e Wenger (1991) e a dos teóricos da atividade (reconhecida, por exemplo, por Engeström (1999)).

As duas teorias de aprendizagem são utilizadas neste estudo como possíveis formas de olhar e pensar sobre a aprendizagem. Em nenhum momento estas são utilizadas no sentido de se analisar e discutir as suas possíveis linhas de encontro ou oposição.

Este capítulo compreende duas partes: uma dedicada à Teoria da Aprendizagem Situada e a outra com especial enfoque na Teoria da Atividade.

Num primeiro momento (secção **3.1.**), o foco residirá na discussão de alguns conceitos da Teoria da Aprendizagem Situada, debruçando-nos incisivamente nos trabalhos de Lave e Wenger (1991) e Wenger (1998, 2010). Nesta primeira secção foi prestada particular atenção à conceptualização da aprendizagem quando vista como participação social. Para esse entendimento, foi particularmente importante identificar, descrever e discutir um conjunto de conceitos próprios deste referencial teórico que, estando de tal forma intrincados na génese da sua conceptualização, vão aparecendo continuamente em diferentes momentos do texto. A escolha de tais elementos teóricos resultou do investimento feito na tentativa de procurar os aspetos promissores para a análise da prática decorrente da implementação do cenário de aprendizagem subjacente a esta investigação.

Num segundo momento (secção **3.2.**) caracteriza-se a evolução da Teoria da Atividade, através das três gerações marcantes no desenvolvimento desta teoria. Para

tal, partiremos do conceito de mediação do artefacto de Vygotsky (1978, 1981), abordando de seguida o conceito de atividade coletiva de Leont'ev (1978, 1981) e posteriormente o modelo do sistema de atividade de Engeström (1987, 1999, 2001), apresentando-se a evolução deste sistema até à inclusão de dois sistemas de atividade.

Nesta secção discute-se a aprendizagem como transformação expansiva, resultante da construção de novas estruturas de atividade – que incluem novos objetos, motivos e instrumentos. A atenção será concentrada na identificação e discussão do que podem ser os elementos fortes a ter em conta na análise da atividade⁴ coletiva decorrente da implementação do cenário de aprendizagem: Uma história com robots.

3.1. Teoria da Aprendizagem Situada

É usual pensar-se em aprendizagem como o resultado de uma relação entre professor e aluno, em que o professor ensina e o aluno aprende. No entanto, várias teorias sociais de aprendizagem, nomeadamente a Teoria da Aprendizagem Situada, revelam um conjunto mais complexo de relações sociais por meio do qual a aprendizagem ocorre.

A Teoria da Aprendizagem Situada é uma plataforma teórica ampla, composta por uma variedade de teorias e escolas de pensamento que partilham um entendimento comum de que a cognição é contextualizada no mundo físico, social e cultural em que as pessoas atuam, sendo atribuída particular importância à dimensão sociocultural (Boaler, 2002; Boaler, Wiliam & Zevenbergen, 2000; Brown et al., 1989; Fernandes, 2004; Greeno 1989; Greeno & Middle School Mathematics Through Applications Project (MMAP), 1998; Lave, 1988, 1996; Lave & Wenger, 1991; Matos, 2010b; Santos, 2004; Wenger, 1998).

Existem inúmeras situações de aprendizagem sem que tenha existido ensino. Por exemplo, todos nós aprendemos a andar, sem que para tal tenha existido ‘ensino’ do movimento que causa a locomoção. Aprendemos a andar, andando.

Com efeito, julgamos ser do senso comum afirmar que a aprendizagem está longe de estar confinada à escola. Jean Lave (1988) argumenta que para compreender a aprendizagem é necessário ter em conta o contexto e a cultura em que está situada.

⁴ Neste Capítulo, o termo ‘atividade’ será utilizado no sentido da Teoria da Atividade.

Em 1991, no livro *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, Jean Lave e Etienne Wenger⁵, defendem que a aprendizagem não é vista apenas como transferência de informação mas como um processo sociocultural, onde é pertinente “(...) shift the analytic focus from the individual as learner to learning as participating in the social world, and from the concept of cognitive process to the more-encompassing view of social practice.” (Lave & Wenger, 1991, p. 43).

Considerando a aprendizagem como um aspeto da prática social, esta envolve a pessoa no seu todo. Isto é, inclui não só uma relação com atividades específicas, mas uma relação com as comunidades sociais, implicando ao indivíduo tornar-se um participante pleno. A aprendizagem implica “(...) becoming able to be involved in new activities, to perform new tasks and functions, to master new understandings” (Lave & Wenger, 1991, p. 53).

Nesta abordagem da aprendizagem é central a ideia de que aprender está intimamente ligado à participação em comunidades, que não são só grupos de pessoas, mas pressupõem práticas e que, portanto, serão também de conhecimentos. A prática não existe no abstrato, existe porque existem pessoas que participam em ações cujo significado é negociado mutuamente. Neste sentido, a prática não reside nos livros ou em ferramentas, apesar de poder envolver todo o tipo de artefactos. Não reside na estrutura que a precede, “(...) resides in a community of people and the relations of mutual engagement by which they can do whatever they do” (Wenger, 1998, p. 73).

De acordo com Lave e Wenger (1991), uma comunidade de prática é definida como sendo “(...) a set of relations among persons, activity, and world, over time and in relation with other tangential and overlapping communities of practice” (p. 98).

Uma comunidade de prática constitui-se por um grupo de pessoas, que se une espontaneamente, não só com o objetivo de partilhar interesses comuns, mas também, e principalmente, de reportar as suas atividades e de se empenhar colaborativamente em práticas que potencializem a sua aprendizagem e beneficiem o seu desempenho.

Os indivíduos que compõem uma determinada comunidade de prática relacionam-se pelos seus interesses ou pela sua atividade profissional e pela forma como a desempenham, através da partilha de histórias e experiências que acabam por contribuir para o conhecimento dos demais, numa perspetiva de aprendizagem.

⁵ Lave e Wenger (1991) elaboraram os pressupostos da sua perspetiva situada da aprendizagem com base nas investigações que realizaram em cinco comunidades de prática: parteiras indígenas mexicanas, marinheiros norte-americanos, alfaiates africanos, talhantes e alcoólatras em abstinência.

Segundo Lave e Wenger (1991) existem duas ideias fundamentais associadas ao conceito de comunidade de prática. A primeira é que a aprendizagem“(…) is not merely situated in practice – as if it were some independently reifiable process that just happened to be located somewhere; learning is an integral part of generative social practice in the lived-in world” (p. 35). A segunda ideia também ela fulcral é a de que:

“To take a decentered view of master-apprentice relations leads to an understanding that mastery resides not in the master but in the organization of the community of practice of which the master is part: The master as the locus of authority (in several senses) is, after all, as much a product of the conventional, centered theory of learning as is the individual learner” (p. 94).

Tomando esta perspetiva para pensar o contexto escolar, podemos afirmar que a escola não é um mundo autossuficiente e fechado em que os alunos adquirem conhecimento para ser aplicado exteriormente, mas uma parte de um sistema mais amplo de aprendizagem. A sala de aula não é o evento de aprendizagem primária, é a própria vida que é o evento de aprendizagem principal. Assim, “[s]chools, classrooms, and training sessions still have a role to play in this vision, but they have to be in the service of the learning that happens in the world” (Wenger, 2006, p. 5).

Com efeito, assumir a participação das pessoas como um elemento chave na construção do conhecimento, implica pensar na escola como um campo de construção de saberes, uma comunidade com práticas próprias, que não se podem nem devem confundir com as práticas dos matemáticos ou com outras quaisquer práticas profissionais mas que são, essencialmente, práticas escolares (Matos, 2003).

Nas subsecções seguintes deste capítulo, iremos apresentar a teoria social de aprendizagem de Lave e Wenger (1991) e Wenger (1998) através da clarificação dos conceitos que nos pareceram mais relevantes para a presente investigação.

3.1.1. Participação Legítima Periférica

No entendimento conceptual da aprendizagem como fenómeno situado existe um movimento que enfatiza o processo de passagem de uma participação periférica à plena participação nas práticas socioculturais de uma comunidade. A aprendizagem vista como algo socialmente construído tem como principal característica esse processo, a que Lave e Wenger (1991) designaram como Participação Legítima Periférica.

De acordo com estes autores “Legitimate peripheral participation” provides a way to speak about the relations between newcomers and old-timers, and about

activities, identities, artifacts, and communities of knowledge and practice. [...] the meaning of learning is configured through the process of becoming full participant in a sociocultural practice” (p.29).

Lave e Wenger (1991) argumentam que a aprendizagem situada remete necessariamente para o processo acima descrito, uma vez que consideram que o ponto de partida para a aprendizagem é a participação social num determinado grupo, cuja essência não se restringe ao conceito de proximidade apenas física, mas sim à qualidade de ser um ‘espaço’ específico de determinados saberes, competências, práticas e relações.

A Participação Legítima Periférica revela-se assim num conceito fundamental para a compreensão da perspectiva de aprendizagem apresentada por Lave e Wenger (1991), pois o processo como um recém-chegado torna-se parte de uma comunidade de prática é proposto como característica central na conceção da aprendizagem. A natureza da aprendizagem situada é consequentemente relacional entre o aprendiz, o objeto de conhecimento e o contexto em que ocorre a aprendizagem.

Os autores ressaltam que cada uma das palavras que compõe o conceito não pode ser tomada individualmente. Este tem de ser visto como um todo pois: “(...) each of its aspects is indispensable in defining the others and cannot be considered in isolation. Its constituents contribute inseparable aspects whose combinations create a landscape of community membership.” (Lave & Wenger, 1991, p. 35). Como complemento desta ideia, salientam a importância das três características seguintes, subjacentes ao conceito em discussão: a *legitimidade da participação*, a *participação periférica* e a *legitimidade da periferia*.

A *legitimidade da participação* é uma característica que define a pertença de um elemento ao grupo, sendo não só uma condição essencial para a aprendizagem, mas um elemento constitutivo do seu conteúdo. A *participação periférica* refere-se ao posicionamento de quem aprende no mundo social. Faz parte do desenvolvimento da identidade e da forma de estar na comunidade de prática, englobando a mudança de localização e de perspetivas dos indivíduos envolvidos na mesma. A participação periférica significa um modo de ter acesso a fontes para compreensão da prática da comunidade. A *legitimidade da periferia*, por sua vez, é uma noção complexa, implicada em estruturas sociais que envolvem relações de poder.

O conceito de Participação Legítima Periférica, como ferramenta de descrição e análise do envolvimento na prática social, permite abordar a aprendizagem não só como elemento constituinte das identidades mas também como elemento dessa mesma prática.

A passagem da participação periférica para uma ‘participação plena’ na comunidade não é algo linear, ocorre em movimentos espirais. Este caminho ou “mudança de posição” dentro da comunidade de prática conduz à construção de uma identidade dentro dessa comunidade, uma vez que as intenções de uma pessoa para aprender são empenhadas na dinâmica sociocultural da comunidade em que está entrando e o resultado da aprendizagem é configurado pelo processo, de natureza evolutiva, de se tornar um participante pleno nessa comunidade.

O processo de participação, que é fundamentalmente social, supõe e implica a aprendizagem e aperfeiçoamento de certas habilidades, o que permite entender que exista o sentido de avanços e reconfigurações sobre o que foi realizado, tanto por parte dos mestres quanto dos aprendizes. Assim, aprender identifica-se com o processo de passagem da condição de aprendiz, de recém-chegado, a uma comunidade na qual existe a utilização de determinados saberes e instrumentos, à condição de *old-timer*, pelo engajamento/participação em atividades específicas da prática dessa comunidade.

A noção de currículo de aprendizagem, por oposição a currículo de ensino, é feita por Lave e Wenger (1991), onde a aprendizagem aparece intimamente ligada à participação legítima periférica dos aprendizes na comunidade de prática. Lave e Wenger (1991) referem que “(...) the practice of the community creates the potential “curriculum” in the broadest sense – that which may be learned by newcomers with legitimate peripheral access” (p. 93).

Com o intuito de distinguir Currículo de Aprendizagem de Currículo de Ensino, Lave e Wenger (1991) referem que um Currículo de Aprendizagem consiste em oportunidades situadas para o desenvolvimento improvisado de novas práticas. Um Currículo de Aprendizagem é um campo de recursos de aprendizagem na prática diária, visto da perspectiva dos aprendizes. Por sua vez, um Currículo de Ensino é construído para a instrução dos aprendizes:

“When a teaching curriculum supplies – and thereby limits – structuring resources for learning, the meaning of what is learned (and control of access to it, both in its peripheral forms and its subsequently more complex and intensified, though possibility more fragmented, forms) is mediated through an instructor’s participation, by an external view of what knowing is about.” (p. 97)

Ao invés do Currículo de Ensino, um Currículo de Aprendizagem é essencialmente situado. Não é algo que possa ser considerado em isolado, manipulado em termos didáticos arbitrários, ou analisado fora das relações sociais que moldam a participação legítima periférica.

Podemos assim concluir que um Currículo de Aprendizagem é característico de uma comunidade, com a salvaguarda de que usar o termo comunidade não implica alguma entidade primordial de partilha de cultura. Com efeito, Lave e Wenger (1991) assumem que os membros têm interesses diferentes, fazem diversas contribuições para a atividade e retêm variados pontos de vista. O termo comunidade implica necessariamente copresença, envolvendo participação num sistema de atividades sobre o qual os participantes partilham compreensões respeitantes ao que fazem e o que isso significa nas suas vidas e para as suas comunidades.

3.1.2. Aprendizagem como Participação Social

Lave e Wenger (1991) argumentam que a aprendizagem não resulta da transmissão de conhecimento abstrato e descontextualizado de um indivíduo para outro. Representa, sim, um processo social, pelo qual o conhecimento é coconstruído, situando-se num contexto específico e integrado, dentro de um determinado ambiente social e físico.

Lave (1996) desafia-nos para uma visão em que não é possível pensar nos mestres como os que sabem e, portanto, ensinam os aprendizes que, por sua vez, só aprendem com eles. Pelo contrário, tanto os mestres como os aprendizes, estão em constante aprendizagem e produção de conhecimento, nas relações que estabelecem uns com os outros.

Segundo a mesma autora, a aprendizagem está intrinsecamente ligada à participação em comunidades de prática e à produção de conhecimento. Torna-se, assim, cada vez mais consistente e visível o reconhecimento do caráter integral da aprendizagem nas práticas sociais. Analisando especificamente o contexto de sala de aula, a autora refere que o ato de ensinar não é necessário nem suficiente para produzir conhecimento, daí que, a forma de analisar o ensino deve ser repensada dentro de uma perspetiva que considere alunos e aprendizagem como o fenómeno fundamental no qual ensinar pode, ou não, fazer parte.

Quando se pretende investigar a aprendizagem, tomando-a como fenómeno social, o foco deverá então ser nos alunos, e as relações que se estabelecem entre eles e

os professores. De acordo com Lave, a exigência com que lidamos com os alunos e professores, como sujeitos de direito próprio, implica “(...) the importance of looking at each as a located participant, and at their relations with one another (...) if we wish to understand teaching [and learning] as participation in ongoing practice” (1996, p. 158).

A investigação desenvolvida por Lave e Wenger (1991) suporta a ideia de que a aprendizagem é situada nos contextos físicos e sociais em que emerge. O conhecimento é algo que só faz sentido quando pensado relativamente às práticas sociais nas quais é relevante e se desenvolve.

As quatro premissas de que Wenger (1998) parte na construção da sua teoria social de aprendizagem são as seguintes: (1) nós somos seres sociais; (2) o conhecimento é um assunto de competência em relação a tarefas valorizadas; (3) o ato de conhecer é um assunto de participação na realização dessas tarefas, isto é, um assunto de envolvimento ativo no mundo e (4) significado é o que é produzido pela aprendizagem.

A teoria social de aprendizagem proposta por Wenger (1998) integra componentes inventariados na figura abaixo e que são necessários para caracterizar a participação social como um processo de aprender e de conhecer:



Fig.1 – Componentes da Teoria Social da Aprendizagem (adaptado de Wenger, 1998, p.5).

As quatro componentes – *significado*, *prática*, *comunidade* e *identidade* – que servem de alicerce à proposta de Wenger estão profundamente interconectadas e são mutuamente definidas.

Os conhecimentos e, conseqüentemente, as *identidades* (uma vez que através da participação em práticas sociais se geram identidades) desenvolvem-se na relação

constante das pessoas na ação com o mundo não só material mas, essencialmente, socio-histórico e cultural. A participação consiste no processo de tomar parte mas também nas relações com os outros que refletem este processo. Sugere ação e ligação.

Wenger (1998) afirma que “(...) learning cannot be designed” (p. 225), mas pode ser baseada na experiência e na prática progressivas de um grupo de indivíduos – de uma *comunidade* – que sirvam de sustentação de uma estrutura, que ainda que informal, se verifica eficaz em garantir a construção de conhecimento significativo com base numa prática partilhada.

Uma comunidade implica uma forte ligação a um domínio. Os membros de uma comunidade possuem um verdadeiro entendimento do que inclui o seu domínio. Um domínio partilhado cria um sentido de responsabilidade para com um corpo de conhecimento e, portanto, para o desenvolvimento da *prática*.

Um domínio não é um conjunto de problemas pré-determinado nem um espaço abstrato de interesse. É constituído, sim, por questões chave ou problemas que os membros de uma comunidade geralmente experienciam em comum. Poderemos então acrescentar que o domínio acompanha a evolução do mundo social e da própria comunidade a que se refere.

O domínio inspira os seus membros a contribuírem e participarem, guia a sua aprendizagem e dá sentido às suas ações. O facto de conhecer os limites e o fio condutor de um domínio permite aos membros de uma comunidade decidir exatamente o que é relevante partilhar, como apresentar as suas ideias, que atividades desenvolver bem como reconhecer a existência ou não de potencial em ideias que ainda são experimentais.

Segundo Wenger et al. (2002), o domínio de uma comunidade de prática pode variar desde um saber quotidiano, como comer alimentos saudáveis até à competência profissional altamente especializada, como projetar asas de aviões. Os membros de uma comunidade podem partilhar uma profissão ou disciplina (cardiologistas, professores de história, etc.) ter o mesmo trabalho, ou papel, ou lidar com os mesmos clientes. Mas podem, também, enfrentar problemas similares que não são oficialmente reconhecidos como domínio.

O facto de existirem na comunidade membros a partilharem a sua visão global do domínio e ainda trazerem as suas perspetivas individuais sobre um determinado problema, cria um sistema de aprendizagem social que vai além da soma das suas partes.

A comunidade cria o tecido social da aprendizagem pois promove fortes interações e relações baseadas no respeito mútuo e confiança, induzindo uma vontade de partilhar ideias, expor o seu próprio desconhecimento, fazer perguntas difíceis e ouvir atentamente. A comunidade é um elemento importante quando se entende a aprendizagem como uma questão de pertença bem como um processo intelectual, que envolve o coração assim como a cabeça (Wenger et al., 2002).

O principal centro de interesse reside, assim, na aprendizagem vista como participação social. A participação não se refere somente a eventos locais de engajamento com certas atividades e com determinadas pessoas, sendo também um processo de maior alcance consistindo em participar de uma forma ativa nas práticas das comunidades sociais, em construir identidades em relação com estas comunidades e em negociar significados.

O termo participação é usado por Wenger (1998) para descrever a experiência social de viver no mundo no que concerne à participação ativa na vida social. Assim, podemos considerar a participação como sendo, ao mesmo tempo, pessoal e social.

Segundo o mesmo autor, participação é um processo ativo, sendo o termo reservado para os atores que são membros de comunidades sociais. Quando nos envolvemos numa conversa, reconhecemos no outro algo de nós próprios, a que nos referimos. O que nós reconhecemos tem a ver com a nossa capacidade múltipla para *negociar o significado*. Esta mutualidade não implica obrigatoriamente igualdade. Na prática, mesmo os significados de desigualdade são negociados no contexto deste processo de reconhecimento mútuo.

Nesta experiência de mutualidade, participação é a fonte da identidade. Reconhecendo a mutualidade da nossa participação, tornamo-nos parte uns dos outros.

Segundo Wenger (1998) participação não é equivalente a colaboração. Pode envolver todos os tipos de relações: conflituosas ou harmoniosas, íntimas bem como políticas, competitivas ou cooperativas. Participar em comunidades sociais molda a nossa experiência mas também molda as comunidades em que participamos. O potencial transformador atua em ambos os sentidos.

No sentido acima descrito, a participação vai além do engajamento direto de pessoas específicas em atividades específicas. Coloca a negociação de significado no âmbito das formas de adesão em várias comunidades. É uma componente das nossas identidades. Como tal, a participação não é algo que possamos ligar e desligar.

Para Lave e Wenger (1991) a participação assenta em negociação situada e renegociação de significado no mundo. Isto implica que compreensão e experiência estejam em constante interação - de facto, são mutuamente essenciais.

Wenger emprega o conceito de negociação de significado para caracterizar o processo pelo qual experimentamos o mundo e o nosso engajamento nele como algo significativo. Todas as atividades rotineiras envolvem a negociação de significado.

Quando nos sentamos para almoçar pela enésima vez com os mesmos amigos, no mesmo restaurante, tudo o que ocorre já vivenciamos anteriormente. Podemos nos recordar do menu do dia e se gostamos do mesmo ou não. Voltamos a almoçar e a saborear o que comemos. Podemos conhecer muito bem os nossos amigos e ainda assim conversamos com eles uma e outra vez. Tudo o que façamos e digamos poderá fazer referência ao que dissemos e fizemos anteriormente e assim voltamos a produzir uma nova situação, uma nova impressão, uma nova experiência, isto é, produzimos significados que ampliam, desviam, reinterpretam, modificam ou confirmam a história dos significados da qual fazem parte. Em suma, viver é um processo constante de negociação de significado.

Para Wenger (1998) a negociação do significado é um processo que é moldado por múltiplos elementos e que, por sua vez, afeta esses elementos. Consequentemente, esta negociação muda constantemente as situações às quais ela atribui significado e afeta todos os participantes. Neste processo, negociar o significado implica ao mesmo tempo interpretação e ação.

Esta perspetiva não supõe uma distinção fundamental entre interpretar e atuar, fazer e pensar ou compreender e responder. Todos fazem parte do processo contínuo de negociar o significado. Este processo gera novas situações para posteriores negociações e significados. Produz novas relações com o mundo e no mundo. O significado do nosso engajamento com o mundo não é uma situação fixa mas sim um processo contínuo de renovadas negociações. O significado é sempre o produto da sua negociação, ou seja, ele existe no processo da negociação. O significado não existe em nós, nem no mundo, mas na relação dinâmica de viver no mundo.

A negociação de significado pode supor, ou não, o uso de linguagem. Inclui as nossas relações sociais como fatores na negociação, mas não supõe necessariamente uma interação direta com outros seres humanos. A negociação de significado deverá ser vista como um acordo entre pessoas mas também como um reajustamento.

De acordo com Wenger (1998), todo e qualquer envolvimento com o mundo é de natureza social, mesmo quando não existem interações com os outros. Por exemplo, a escrita de um livro, sendo feita de forma isolada pelo seu autor, não deixa de ser um ato social pois envolve de uma forma implícita outras pessoas que não estão fisicamente presentes no ato de escrever (a editora a que se destina, os leitores público alvo). Por isso, apesar de a escrita de um livro ser um ato ‘isolado’, o seu significado é sempre produzido através da participação social.

Juntamente com participação, a reificação é um conceito muito relevante para descrever a produção de significado a partir do engajamento com o mundo. Reificar consiste em dar forma concreta a algo que é abstrato. Wenger afirma que qualquer comunidade de prática produz abstrações, ferramentas, símbolos, histórias, termos e conceitos que reificam algo dessa prática numa forma “congelada” (1998, p. 59).

Wenger usa o conceito de reificação, de uma forma geral, para referir-se ao processo de dar forma à nossa experiência produzindo objetos que congelam essa experiência numa ‘coisa’. Fazendo isto, “(...) we create points of focus around which the negotiation of meaning becomes organized” (1998, p. 58).

A reificação pode tomar uma grande variedade de formas: um monumento, uma fórmula abstrata, um poema, um livro, etc. Em qualquer um destes casos, aspetos da experiência humana e da prática estão congelados em formas fixas e é-lhes dado o estatuto de objeto. No entanto, a reificação pode tomar uma grande diversidade de formas sendo que os objetos físicos são apenas uma das suas vertentes. Os produtos da reificação não são apenas objetos concretos ou materiais, são também reflexões sobre essas práticas, sinais de uma mais alargada expansão de significados humanos conjuntamente negociados.

Pensando na transformação de algo abstrato em realidades concretas ou coisas materiais, torna-se claro que a reificação é um aspeto fundamental de uma negociação de significado resultante de uma prática. É através da negociação constante de significados que é possível tornar algo abstrato numa coisa concreta. Wenger (1998) afirma que “(...) in participation we recognize ourselves in each other, in reification we project ourselves onto the world” (p. 58). Apesar de significarem coisas diferentes, não podemos conceber uma sem a outra, complementam-se.

A aprendizagem significativa em contextos sociais exige tanto participação como reificação (Wenger, 1998). Os artefactos, sejam eles físicos ou conceptuais, sem participação não carregam seus próprios significados e participação sem artefactos

revela-se descoordenada, fogaz e sem suporte. Estas duas componentes, participação e reificação, não se fecham uma na outra, com efeito, em cada momento do engajamento elas juntam-se num processo dinâmico e incessante para que possamos negociar e renegociar o significado da nossa experiência.

3.1.3. Prática, Reportório e Artefactos

Numa comunidade de prática os membros da comunidade interagem regularmente e continuamente em questões importantes para o seu domínio. Ao interagirem regularmente desenvolvem um entendimento partilhado e uma abordagem da sua prática, construindo relações válidas que se baseiam no respeito e na confiança. Com o tempo, constroem um sentido de história e uma identidade comuns.

Considerando que o domínio representa o tópico onde se concentra a comunidade, a prática é o conhecimento específico que a comunidade desenvolve, partilha e mantém. Este corpo de conhecimento e recursos compartilhados permite que a comunidade continue a lidar de uma forma eficiente com o seu domínio.

Uma das tarefas de uma prática partilhada consiste em estabelecer uma base de conhecimento comum que pode ser assumida por parte de cada um dos membros da comunidade. Este corpo de conhecimento comum constitui um alicerce para que os membros da comunidade trabalhem conjuntamente de uma forma efetiva. A prática assume-se assim como um conjunto de quadros, ideias, ferramentas, informação, estilos, linguagem, histórias e documentos partilhados pelos membros da comunidade.

Cada comunidade tem uma maneira específica de fazer a sua prática visível através das formas como desenvolve e partilha conhecimento. Os membros de uma comunidade possuem uma compreensão partilhada dos aspetos do seu domínio que são codificáveis e de quais não são, e o que fazer em cada caso.

Para associar prática e comunidade Wenger (1998) descreve três dimensões da relação pela qual a prática se converte na fonte de coerência de uma comunidade: o *engajamento mútuo*; um *empreendimento conjunto* e o *reportório partilhado* (p. 73).

Ao pensar cada uma destas dimensões é necessário ter presente as outras, sendo que é perfeitamente inexequível tentarmos explicitar qualquer uma delas sem nos referirmos às outras.

Procuraremos então discutir de que forma o engajamento mútuo, o empreendimento conjunto e o reportório partilhado de um conjunto de pessoas contribui para a constituição da coerência que dá a esse conjunto de indivíduos o sentido de uma

comunidade de prática, enfatizando como se relacionam estes três elementos subjacentes à ideia de comunidade.

Existem condições, tais como a proximidade física ou a pertença a uma determinada organização ou profissão, que propiciam a interação social necessária, mas não suficiente, para o desenvolvimento de uma prática social e consequente definição de uma comunidade de prática. Essas interações contribuem, nomeadamente para que os participantes se sintam engajados em algo comum. No entanto, para que o grupo social se estabeleça como uma comunidade de prática a construção desse produto coletivo é feita por iniciativa dos participantes e não por imposição ou decreto externos. Assim, emerge um sentido de apropriação e responsabilidade pelo que está a ser construído.

Pertencer a uma comunidade de prática é uma questão de mútuo engajamento, é essa característica que define a comunidade. A prática não existe no abstrato, existe porque existem pessoas que participam em ações cujo significado é negociado mutuamente. Segundo Wenger (1998) o empreendimento que mantém unida uma comunidade é o resultado de um processo conjunto de negociação que reflete toda a complexidade do engajamento mútuo.

O empreendimento conjunto está definido pelos participantes no processo que empreendem, logo, não constitui uma simples meta estabelecida, mas cria entre os participantes relações de responsabilidade mútua que se convertem numa parte integral da prática.

Uma vez que o engajamento mútuo não requer homogeneidade, um empreendimento conjunto não significa concordância num sentido simples. Com efeito, em algumas comunidades o desacordo pode ser visto como uma parte produtiva do empreendimento. Assim, falar em empreendimento conjunto não significa que todos acreditem no mesmo ou que estejam de acordo em todos os aspetos. O empreendimento conjunto significa, sim, que a negociação foi feita conjuntamente.

Afirmar que os membros de uma determinada comunidade de prática partilham um empreendimento, não equivale simplesmente a dizer que partilham condições de trabalho, que têm dilemas em comum ou que criam respostas similares. As circunstâncias e respostas individuais variam de indivíduo para indivíduo, no entanto, as suas respostas às condições, similares ou não, estão interconectadas uma vez que as pessoas estão mutuamente engajadas com um empreendimento que foi definido e negociado conjuntamente.

O exemplo de uma cirurgia é elucidativo de um empreendimento comum a uma determinada comunidade e reflete o facto de o conhecimento que se gera, emerge e se operacionaliza não ser um produto individual, mas sim algo que se situa numa experiência de participação coletiva e social.

Numa cirurgia o empreendimento conjunto da equipa envolvida prende-se com o sucesso dessa mesma cirurgia. Apesar de cada membro da equipa (cirurgião, anestesistas, enfermeiros, etc.) possuir a sua própria especialidade e conhecimentos específicos de diferentes áreas, que são relevantes para o sucesso da cirurgia, a verdade é que a equipa, no seu todo, partilha um conhecimento comum acerca do empreendimento conjunto que está a desenvolver e estabelece atividades conjuntas que se coordenam tendo em vista a consecução desse empreendimento.

O conhecimento que cada um possui é crucial para o sucesso da cirurgia, no entanto, esse sucesso não deverá ser imputado unicamente ao desempenho de um indivíduo mas sim ao tipo de conhecimento que emerge quando a equipa trabalha conjuntamente, dando o melhor de si, para que a cirurgia seja bem sucedida.

Esse conhecimento gerado na atividade que está a ser desenvolvida conjuntamente é de certa forma único, uma vez que emerge das relações que se estabelecem entre os envolvidos, de modo que o conhecimento específico que cada um transporta possa ser colocado ao serviço de um entendimento comum.

Assim, o engajamento mútuo envolvido na construção de uma prática social não joga só com a competência de cada um, as competências dos outros são também fundamentais sendo, portanto, necessário a capacidade de interagir com as competências dos outros.⁶

Ao longo da história de participação de uma comunidade os seus membros encontram formas que facilitam a negociação conjunta, vivendo e respeitando as suas diferenças e coordenando as suas aspirações individuais ao longo de todo o processo. A compreensão que os membros têm do seu empreendimento e dos efeitos do mesmo nas suas vidas não precisa ser uniforme para que seja um produto coletivo. Ou seja, a complementaridade de papéis ou de competências revela-se útil para a coerência da comunidade. Mas esta parcialidade tanto pode ser um recurso para uma comunidade de prática como uma limitação. Tal como Wenger (1998) salienta, numa comunidade de

⁶ Mais à frente discutiremos a ideia de competência. No entanto, será importante aqui realçar que não se entende competência como algo que possa ser pré-determinado, mas sim como algo criado e definido nas ações desenvolvidas pelas pessoas quando participam numa determinada prática.

prática em que há interajuda, “(...) it is more important to know how to give and receive help than to try to know everything yourself” (p. 76).

Todos nós temos consciência de que nem todos os grupos com os quais interagimos nos permitem sentirmo-nos pertencentes aos mesmos ou, por outro lado, nós próprios, por vezes, resistimos às solicitações para tais inclusões, revelando intencionalidade em não querer pertencer a determinados grupos.

O acesso ao que é considerado importante por determinado grupo de pessoas decorre da preocupação que existe, tanto no coletivo como individualmente, com a sustentação do engajamento dos diferentes envolvidos. A ideia de “(...) being included in what matters” (Wenger, 1998, p. 74) é um elemento subjacente à construção da sensação de engajamento mútuo. Mas tal inclusão, sendo importante para o desenvolvimento e manutenção das comunidades de prática pode, por sua vez, também ser encarada como um risco de exclusão.

As práticas desenrolam-se num mundo social em que interesses, poderes e estatutos estão presentes e, como diz Wenger (1998), uma comunidade de prática não é um refúgio de comunhão (*togetherness*) nem uma ilha de intimidade isolada das relações políticas e sociais.

Uma prática social, sendo uma prática partilhada, acaba por ligar de formas complexas e diversas os que se vão constituindo como participantes de uma comunidade de prática.

Wenger (1998) chama a um conjunto de recursos partilhados na comunidade um reportório. O reportório da prática reflete a história do engajamento mútuo, incluindo “(...) routines, words, tools, ways of doing things, stories, gestures, symbols, genres, actions, or concepts” (p. 83) que a comunidade produziu ou adotou no curso da sua existência e que se tornaram parte da sua prática.

Os elementos do reportório podem ser muito heterogéneos. Não obtêm a sua coerência por si mesmos, como atividades específicas, símbolos ou artefactos concretos mas por pertencerem à prática de uma comunidade em busca de um empreendimento.

A ideia de reportório partilhado (Wenger, 1998) refere-se simultaneamente a um conjunto de elementos e a um grupo de pessoas que os partilham como recursos estruturantes de uma determinada prática. A noção de reportório partilhado dirige a atenção para a dinâmica do uso, construção e partilha de recursos e abrange uma visão dos membros de uma comunidade como indivíduos que são construtores coletivos de recursos que suportam, estruturam e servem uma determinada prática. O reportório

partilhado, refletindo a coerência da prática, emerge como uma fonte de coerência da comunidade (Wenger, 1998).

Os elementos do reportório combinam aspetos reificativos e participativos, incluindo o discurso pelo qual os membros “(...) create meaningful statements about the world, as well as the styles by which they express their forms of membership and their identities as members” (Wenger, 1998, p.83).

As brincadeiras de criança são um bom exemplo de elementos de um reportório. Certamente cada um de nós tem na sua memória jogos que fizeram parte da sua infância, isto é, do seu reportório de brincadeiras infantis. Esses jogos e brincadeiras refletem histórias de pertença que foram desenvolvidas e negociadas num determinado contexto físico e social.

O reportório partilhado vai-se consolidando e vai crescendo com o tempo através das histórias que se vivem e relatam, dos estilos e modos de fazer as coisas que se vão identificando, dos artefactos e instrumentos comuns construídos e utilizados, das ações realizadas, dos acontecimentos históricos partilhados e interpretados conjunta e colaborativamente numa prática específica de uma comunidade, também ela particular.

Para Lave e Wenger (1991) a aprendizagem ocorre através da participação convergente no currículo de aprendizagem da comunidade, isto é, tornar-se um membro pleno implica ter acesso a uma grande variedade de atividades em curso na prática. Tal acesso relaciona-se diretamente com o conceito de transparência dos artefactos.

De acordo com Lave & Wenger (1991), os artefactos constituem a tecnologia da prática que, na terminologia de Wenger (1998) incluem o reportório da prática que, como já vimos, constitui um conjunto de recursos partilhados na comunidade que podem ser muito heterogéneos, tais como, rotinas, símbolos, ferramentas, formas de fazer as coisas, histórias, gestos, etc. Lave & Wenger (1991) e Wenger (1998) não fazem distinção entre ferramentas e artefactos.

Lave e Wenger (1991) defendem que a transparência da organização da prática, do seu conteúdo e dos artefactos envolvidos é um recurso crucial para aumentar a participação e, consequentemente, a aprendizagem.

Os artefactos, como parte de uma herança histórica de participação, assumem particular relevância quando se pretende entender a tecnologia da prática de uma comunidade, pois “(...) understanding the technology of the practice is more than learning to use tools; it is a way to connect with the history of the practice and to participate more directly in its cultural life” (Lave & Wenger, 1991, p. 101). Desta

forma, importa compreender a forma como os artefactos estão presentes nas formas de atuar e de pensar na prática.

Lave e Wenger (1991) afirmam que o termo ‘transparência’, quando usado em conexão com as tecnologias, refere-se “ (...) to the way in which using artifacts and understanding their significance interact to become one learning process” (pp.102 e 103).

Estes autores elaboram ‘transparência’ como envolvendo a característica dual de invisibilidade e visibilidade. Invisibilidade na forma de interpretação não problemática e integração (do artefacto) na atividade, e visibilidade na forma de acesso alargado à informação. “This is not a simple dichotomous distinction, since these two crucial characteristics are in a complex interplay, their relation being one of both conflict and synergy.” (Lave & Wenger, 1991, p.102). Assim, o acesso à prática relaciona-se com a dual visibilidade e invisibilidade dos seus recursos.

Poderemos utilizar a analogia feita por Lave e Wenger (1991) para melhor compreendermos a dualidade entre visibilidade e invisibilidade acima descrita. Se pensarmos numa janela é a sua invisibilidade que faz dela uma janela, isto é, um objeto invisível, a partir do qual o mundo lá fora se torna visível. No entanto, o facto de permitir que tantas coisas sejam vistas através dela é o que faz dela algo altamente visível, isto é, algo que se destaca numa sala, quando comparada, por exemplo, com uma parede sólida. A invisibilidade é, assim, algo necessário quando se pretende que o que está para além da janela se torne visível e inversamente é a sua invisibilidade que permite que a janela se torne visível.

3.1.4. Modos de Pertença

Todos os indivíduos, ao longo da sua vida, pertencem a diversas representações sociais tais como a família, a escola, os amigos, o trabalho, etc., e utilizam um conjunto de estruturas para poder pertencer às mesmas. Wenger (1998) denomina este conjunto de estruturas de modos de pertença.

Desta forma Wenger (1998) não restringe a ideia da pertença exclusivamente à que se desenvolve em comunidades de prática. Com efeito, as configurações sociais enunciadas no parágrafo anterior nem sempre assumem as características de comunidades de prática no sentido que Wenger lhes atribui.

Os três modos de pertença que Wenger (1998) apresenta como fundamentais – *engajamento, imaginação e alinhamento* – são considerados distintos e podem ser

tomados isoladamente, uma vez que, qualquer um deles pode ser ativado para o exercício de pertença em diferentes tipos de configuração social, sem implicar os restantes.

Além de serem importantes pois permitem compreender os processos de formação da identidade numa comunidade, também são uma referência para compreender os diferentes tipos de comunidade e analisar as transformações das mesmas ao longo do tempo e o tipo de trabalho de pertença que exige essa transformação.

Em traços gerais Wenger (1998) menciona que o *engajamento* se refere ao envolvimento ativo nos processos mútuos de negociação de significados, a *imaginação* diz respeito à criação de imagens do mundo, estabelecendo conexões através do tempo e do espaço extrapoladas a partir da nossa própria experiência e o *alinhamento* engloba a coordenação da nossa energia a fim de nos encaixarmos em estruturas mais amplas e contribuir para empreendimentos mais abrangentes.

O trabalho de *engajamento* é o responsável por criar comunidades e resulta da conjunção da seguinte tríade: “ (...) the ongoing negotiation of meaning, the formation of trajectories and the unfolding of histories of practice.” (Wenger, 1998, p. 174). Mais concretamente, podemos afirmar que o engajamento se refere a processos mútuos de negociação de significados e dá-se a partir das histórias de aprendizagem compartilhadas, dos relacionamentos e das interações estabelecidas, incluindo intensidade continuada e relações de reciprocidade (Wenger, 1998).

O engajamento, como modo de pertença, é limitado tanto por limites físicos de tempo e espaço, que impede o indivíduo de estar ao mesmo tempo em locais distintos ou em tempos distintos, como também por limites fisiológicos que tornam finitos os empreendimentos nos quais pode estar envolvido. Estas limitações acabam por contribuir para a definição dos empreendimentos nos quais podemos estar mais ou menos ativamente envolvidos. Apesar dessas limitações que efetivamente condicionam o engajamento, a verdade é que este resulta de algo que ultrapassa a existência de proximidade física ou a identificação com determinadas características de um grupo social.

Quando alguém pretende incluir-se, engajando-se, precisa de identificar não só aqueles que serão os seus parceiros, mas também o que é que os liga, o que é que eles fazem e partilham, como o fazem e que significados lhe estão associados.

A noção de pertença a uma família, utilizada por Santos (2004), foi-me particularmente significativa para o entendimento do engajamento enquanto modo de pertença.

Com efeito, por vezes, não basta nascer de dois progenitores biológicos e viver com eles, para que ganhe consistência a noção de pertença a uma família. Embora, na maioria dos casos, este facto seja determinante, a verdade é que pode não ser definitivo, uma vez que é na trajetória de interação da criança com os outros membros da família que se vai construindo o seu estatuto de membro.

Ao longo do seu crescimento a criança vai aferindo os limites dentro dos quais a sua participação é reconhecida como apropriada naquela família. Por outro lado, a família também é impelida a transformar-se quando e se, de facto, deseja não só aceitar essa criança, como contribuir para o desenvolvimento da sua identidade enquanto membro da família. Nos processos de engajamento não é só a pessoa-em-ação (a criança ou o jovem) que negocia significados com o grupo já existente (a família), este também colabora nessa negociação.

Durante o seu desenvolvimento este novo membro irá vivenciar diferentes experiências e irá fazer as suas próprias escolhas, seja a escolha de um parceiro ou de um certo estilo de vida que poderá se enquadrar, ou não, no aceitável para a sua família. Estes momentos colocam novos desafios não só ao indivíduo como aos outros membros familiares, impõem decisões e apelam a transformações, levando, por exemplo, à revisão do seu conceito do que é uma pertença familiar e até do que são os laços familiares que, de facto, os unem.

Os significados que anteriormente pareciam estáveis e partilhados são sujeitos a constante renegociação, de forma a acompanhar esse processo de inclusão do jovem. Para essa negociação contribui a capacidade dos outros membros não só de darem acesso à história do que já existia, mas também de permitirem ao jovem engajar-se de uma forma própria e diferente da esperada mas igualmente valorizada, isto é, de se sentir como membro da família.

Um outro modo de pertença salientado por Wenger (1998) é a *imaginação* que ele encara como uma das componentes da nossa experiência com a qual podemos aceder à pertença.

Como referimos anteriormente a imaginação depende da capacidade de cada indivíduo de criar novas imagens do mundo e de si mesmo através de conexões no tempo e no espaço e extrapolá-las a partir da sua própria experiência. Assim, pela

imaginação, podemos localizar-nos no mundo e na história de uma prática, possibilitando a inclusão de outros significados, de outras possibilidades e de outras perspectivas nas nossas identidades.

Isto não significa porém, que a imaginação seja um processo individual. Wenger (1998) esclarece que a imaginação inclui fantasias pessoais mas é um processo criativo que está apoiado em interações sociais e experiências comuns. É um modo de pertença “(...) that always involves the social world to expand the scope of reality and identity” (p.178).

É mediante a imaginação que os indivíduos concebem novos desafios, exploram outras alternativas e preveem possíveis futuros, acabando por inserir em suas identidades outros significados, outras possibilidades, outras perspectivas. Porém, Wenger (1998) adverte que nem sempre a imaginação é eficaz. Pode ser incoerente ou inútil pois pode estar baseada em estereótipos que projetam no mundo determinadas práticas específicas tomadas como verdadeiras. Ou, ao contrário, pode estar tão distante de qualquer forma vivida de pertença, que o indivíduo desliga a sua identidade e fica sem raízes.

A imaginação permite ligar a participação com a não participação, o que está dentro com o que está fora, o real com o que é possível vir a ser. É através da imaginação que os indivíduos antecipam a sua ‘capacidade’ como competentes ou incompetentes, em determinadas práticas que não lhe são familiares, levando a uma participação ou não participação, fazendo com que sejam incluídos ou excluídos das mesmas.

Pessoas que não se conhecem mas escutam o mesmo tipo de música, ou pessoas que praticam o mesmo desporto ou mesmo os imigrantes de uma certa região, que têm muitas características e experiências em comum, podem partilhar algo que acaba por criar uma espécie de comunidade. A imaginação é responsável por este tipo de comunidade e pertencer às mesmas contribui para a identidade das pessoas implicadas, ainda que isso não suponha o desenvolvimento conjunto de uma prática partilhada (Wenger, 1998).

A imaginação requer a capacidade de explorar, de aventurar-se, de criar conexões improváveis e de distanciar-se o suficiente de modo a conseguir observar o engajamento como se fora outra pessoa. A imaginação desloca a participação e a reificação para que o sujeito possa se reinventar e reinventar os seus empreendimentos,

as suas práticas e, inevitavelmente, as suas comunidades, ou seja, esta mistura de participação e reificação cria novas situações de aprendizagem.

Em relação à participação, a imaginação é a responsável pela liberdade, energia e tempo para se expor ao desconhecido, permitindo ao indivíduo mover-se, explorar novas relações e provar novas identidades. É também responsável por aceitar a não participação como uma aventura e de transgredir juízos. De acordo com Wenger (1998), a participação noutros empreendimentos, noutras práticas e noutras comunidades também pode servir à imaginação, uma vez que possibilita vivenciar outras maneiras de fazer as coisas.

A imaginação trata-se de uma componente que pode contribuir para atribuir um sentido diferente à nossa experiência de identidade e, conseqüentemente, para o potencial de aprendizagem que lhe está associado. Wenger (1998) utiliza uma metáfora muito interessante para nos chamar à atenção acerca do poder da imaginação.

Consideremos uma situação em que se pergunta a dois pedreiros o que estão a fazer, estando eles a trabalhar no seu ofício. Um deles responde: «Estou a esculpir esta pedra num cubo perfeito». O outro responde: «Estou a construir uma catedral.» Ambas as respostas estão corretas e são igualmente significativas, no entanto, revelam diferentes posicionamentos para com o mundo. A diferença entre estas respostas não implica que um pedreiro seja melhor profissional que o outro, no que diz respeito ao ato de esculpir a pedra. Ao nível do engajamento, ambos podem estar a fazer exatamente o mesmo, contudo, a diferença nas respostas sugere que as suas experiências acerca do que estão a fazer e o seu sentido de identidade ao fazê-lo são muito distintos. Como resultado, “(...) they may be learning very different things from the same activity.” (p. 176).

O *alinhamento* é outro modo de pertença que, tal como a imaginação, não implica engajamento com outros na construção de algo conjunto. Wenger (1998) considera que é através do alinhamento que o indivíduo se torna parte de algo maior, contribuindo para um alcance mais amplo da ação. Mais ainda, que o alinhamento pode ampliar o poder e o sentido do que é possível realizar, principalmente quando são unidos esforços para a realização de algo maior.

No entanto, nem sempre o alinhamento amplia poderes, por vezes pode ser cego e debilitante. Como exemplifica Santos (2004), quando o indivíduo “tem um desejo forte de pertença e o espaço social em que se quer enquadrar nada mais oferece a não ser sinais de alinhamento que exige que sejam seguidos, o poder fica reduzido” (p. 367).

Ou ainda quando existe confrontação de interesses onde algumas pessoas ficam com todo o poder e outras sem poder algum. Também pode ser tão cego que torna os indivíduos vulneráveis a todo tipo de enganos e abusos, violando e esmagando a identidade de cada um.

O alinhamento, como a imaginação, também cria um tipo de comunidade. Segundo Wenger (1998), a lealdade a um credo, a um movimento, a uma nação, a uma estrela de cinema, a uma equipa de futebol pode congrega as energias de pessoas muito diferentes e o engajamento que as une pode ser difícil de imaginar, sendo o importante apenas o alinhamento. Wenger cita o exemplo de um movimento ecológico constituído por uma variedade de motivações, crenças e paixões que podem ter origens muito diferentes para os diferentes participantes mas que através do alinhamento, tendo subjacente a ideia de proteger o ambiente, “(...) does create a vast community united by a common purpose” (p. 182).

O trabalho do alinhamento consiste em conectar esforços locais, ou seja, conectar ações individuais que se vão interligar e coordenar com as ações de outros, numa dimensão mais ampla de maneira a permitir aos aprendizes investir a sua energia neles. Para apoiar a coordenação com as ações de outros o alinhamento necessita de formas específicas de participação e de reificação. Necessita, a nível de participação, de pessoas que pertençam a diversas comunidades que possam ultrapassar as fronteiras e realizar funções de ‘tradução’. A participação deve ser suficiente, de maneira que as relações com empreendimentos mais amplos se concretizem, do contrário podem tender a basear-se mais na conformidade, naquilo que já está disposto, do que na participação.

3.1.5. O *design* para a Aprendizagem

De acordo com Matos (2003), a ideia de comunidade de prática pode ser entendida como uma ferramenta analítica que permite encontrar um certo olhar sobre as aprendizagens. Todavia, o mesmo autor acrescenta que pode ser também usada para avançar princípios que constituam um possível *design* para as práticas escolares (em educação matemática), de modo a permitir organizar princípios de ação e esforços para cultivar e sustentar comunidades onde a participação implique aprendizagens significativas. Assim, compreender a relevância da ideia de comunidade de prática como elemento que permite entender a aprendizagem como fenómeno emergente e situado, exige ir um pouco mais longe na caracterização daquilo que está envolvido na

ideia de pertença a comunidades de prática, nomeadamente, os modos de pertença acima discutidos.

Como já referimos anteriormente Wenger (1998) defende que “(...) learning cannot be designed” (p. 225), contudo, salienta que se revelam prometedoras as formas criativas de envolver os indivíduos em práticas significativas, possibilitando-lhes o acesso a recursos que contribuam para melhorar a sua participação, abrindo-lhes os seus horizontes de modo a proporcionar-lhes a possibilidade de escolherem as suas próprias trajetórias de aprendizagem, envolvendo-se em ações, discussões e reflexões que lhes permitam fazer a diferença, tornando-se assim uma mais valia nas comunidades em que se integram. Wenger (1998) cunha, assim, a noção de comunidades de aprendizagem – “learning communities” (p.249) – referindo-se de uma forma amplificada a qualquer contexto onde se requeira a aprendizagem (independentemente do contexto escolar) e apresenta quatro orientações subjacentes a esta abordagem:

- 1) Tomar a aprendizagem como um processo de participação, em vez de o atribuir aos aprendizes ou mestres.
- 2) Colocar o ênfase na aprendizagem em vez de no ensino, encontrando pontos de alavancagem para construir oportunidades de aprendizagem oferecidas pela prática.
- 3) Envolver as comunidades no *design* da sua prática como um lugar de aprendizagem.
- 4) Dar às comunidades o acesso aos recursos de que necessitam para negociar as suas conexões com outras práticas e a sua relação com a organização.

Tomando os pressupostos acima enunciados, Wenger (1998) assume que o desafio do *design* para a aprendizagem é dar suporte ao trabalho de engajamento, imaginação e alinhamento, uma vez que o *design* da aprendizagem deve oferecer possibilidades que favoreçam diversos modos de pertença que as pessoas colocam em ação quando precisam, ou querem ser, membros de uma comunidade. Neste sentido, os modos de pertença – engajamento, imaginação e alinhamento – são considerados como componentes principais de uma infraestrutura para o *design* de aprendizagem.

Infraestrutura de engajamento: A construção de uma comunidade envolve ajudar os participantes a criar infraestruturas de engajamento que devem incluir a) mutualidade, b) competência e c) continuidade (Wenger, 1998).

De acordo com Wenger (1998) as condições para o desenvolvimento de *mutualidade* na comunidade incluem: elementos que facilitem as interações (espaços

físicos e virtuais, formas de comunicação, tempo); haver tarefas conjuntas (coisas para serem desenvolvidas conjuntamente, disponibilidade para se ajudar e se ser ajudado) e permitir a periferia na participação (oportunidades para o engajamento das pessoas em encontros de natureza mais informal e para participar em graus diferentes nas atividades, de acordo com as decisões tomadas em espaços com esse propósito).

Numa comunidade de prática cada membro desenvolve diversas formas de engajamento, que contemplam as expectativas sobre como interagir com os outros membros, como tratar e ser tratado pelos restantes e como trabalhar conjuntamente.

De acordo com Wenger (1998), “We become who we are by being able to play a part in the relations of engagement that constitute our community” (p. 152). Assim, quando estamos numa comunidade de prática, na qual participamos de uma forma plena, experienciamos *competência* e somos reconhecidos como competentes, uma vez que compreendemos na plenitude o que é que os restantes membros fazem, o porquê de o fazerem e para que o fazem.

Sendo as comunidades vistas como configurações sociais nas quais os empreendimentos de seus membros são valorizados e a sua participação é reconhecida como *competência*, Wenger (1998) acentua que não fará sentido falar em competência desligada de uma determinada prática. Logo, o que é entendido como competência é criado e definido no seio da mesma. Podemos então conjecturar que o contexto organizacional em que se define a competência é assim um fator preponderante.

Wenger (2010) define ‘regime de competência’ como um conjunto de critérios e expectativas pelo qual os membros de uma comunidade reconhecem os seus modos de pertença (p.180). De acordo com Wenger (1998), “Knowledge is a matter of competence with respect to valued enterprises” (p.4). Com efeito, a interação entre participação e reificação, atrás referida, cria uma história social de significado, segundo a qual os membros da comunidade definem um ‘regime de competência’.

A competência inclui aspetos relacionados com a compreensão do que é importante, traduzindo a responsabilização para com o empreendimento conjunto. Significa ser capaz (estar autorizado) de se envolver produtivamente com outros na comunidade e usar apropriadamente o reportório de recursos que a comunidade acumulou ao longo da sua história de aprendizagem (Wenger, 2010).

A visão de competência avançada por Wenger (2010) leva-nos a refletir acerca do tipo de oportunidades que os participantes de uma determinada comunidade devem ter para que a sua participação seja entendida como ‘competente’.

Por um lado, é importante que exista espaço para que cada um tome iniciativas e faça as suas próprias opções. Por outro, deverão existir condições para que essas iniciativas e opções se tornem visíveis e patentes a outros. Este aspeto envolve uma responsabilização, perante a comunidade, das ações individualmente desenvolvidas. Desta forma, diferentes estilos de fazer as coisas são discutidos, avaliados e incluídos, ou não, na prática desenvolvida pela comunidade. Esses diferentes estilos de fazer as coisas implicam, igualmente, a utilização de diferentes artefactos físicos e/ou conceptuais (ferramentas, conceitos, metodologias e estratégias, linguagem, etc.) que sustentam a competência dos participantes e que conduzem ao desenvolvimento de um reportório comum e partilhado entre os participantes.

Segundo Wenger (1998) a competência não se refere apenas à habilidade para executar determinadas ações, à posse de determinadas informações ou ao domínio de certas aptidões no abstrato. Ser membro competente inclui: 1) *mutualidade de engajamento*: habilidade para se envolver com outros membros e responder às suas ações, estabelecer relações nas quais essa mutualidade seja a base para uma identidade de participação; 2) *responsabilidade para com o empreendimento*: contribuir para sua definição e constante negociação na comunidade e habilidade para entender o empreendimento da comunidade de maneira profunda o suficiente para ser responsável de alguma maneira por ele; 3) *negociabilidade do reportório*: habilidade para, através do engajamento, usar o reportório da prática. Requer participação suficiente na história da prática para reconhecer nos elementos do seu reportório, além de capacidade e legitimidade para tornar essa história novamente significativa.

A interação entre um regime de competência e uma experiência de significado torna possível a aprendizagem pela prática. Segundo Wenger (1998) existem momentos em que a competência orienta a experiência e outros em que se verifica o contrário.

A competência orienta a experiência quando, por exemplo, um novo membro, que precisa alinhar-se com um regime de competência, vai transformando a sua experiência até que se ajuste ao regime. Membros mais antigos também precisam atualizar-se, transformar ou incrementar a sua experiência. Contudo, novas experiências podem exigir redefinição do empreendimento e a inclusão de novos elementos ao reportório. Quando um ou mais membros experimentam algo que foge ao regime de competência da comunidade, tendem a buscar mudanças nesse regime para incluir na sua experiência, negociando o seu significado com a comunidade. Podem convidar outros membros para participar da sua experiência, e procuram reificá-la para os

demais. Se tiverem legitimidade suficiente, podem contribuir para alterar o regime de competência e criar novos conhecimentos no processo.

A aprendizagem pode ser vista como um processo contínuo de realinhamento entre experiência e competência. Certa tensão entre elas é o que impulsiona a aprendizagem (Wenger,1998). As interações entre experiência e competência são cruciais na evolução de uma prática, com potencial para transformar tanto uma quanto a outra, ou ambas. Se a aprendizagem for entendida como uma transformação do que se conhece, pode ser considerada como uma mudança no alinhamento entre experiência e competência, independentemente de qual delas conduz o processo de realinhamento num determinado momento. Este aspeto pressupõe forçosamente uma subjacente *continuidade* nas atividades desenvolvidas na prática de uma comunidade.

O terceiro elemento a ser considerado numa infraestrutura de engajamento é efetivamente a continuidade, uma vez que as pessoas participando na comunidade necessitam de sentir que a prática é sustentada e que eles contribuem para essa sustentação. De acordo com Wenger (1998) a continuidade da prática é sustentada pela “reificative memory” e pela “participative memory” (p. 238).

A produção de memórias reificativas contempla os repositórios e mecanismos de recuperação de informação. Neste sentido, será então importante construir e manter a história da prática de uma comunidade através de registos e de partilha da informação sobre as atividades em curso, documentando os modos como as coisas vão sendo feitas, discutindo e fazendo representações dos resultados dessa discussão.

As memórias participativas referem-se à partilha e discussão das histórias da prática. Será então relevante criar espaços de interação que permitam que as pessoas participem na negociação do modo como as histórias são contadas e os acontecimentos são relatados na comunidade, criando formas de demonstrar os seus desenvolvimentos.

Infraestrutura de imaginação: Numa comunidade de prática é fundamental que, além das facilidades para o engajamento acima discutidas, os participantes tenham oportunidades para reclamar a sua imaginação, de modo a tornar possível que a aprendizagem acompanhe um contexto mais vasto e transcendente ao da comunidade de prática à qual se refere.

Wenger (1998) salienta que em educação, além do engajamento, os alunos devem ter oportunidade para construir a sua própria identidade, explorando “(...) who they are, who they are not, who they could be” (p. 272). Se o propósito da educação ultrapassar a simples preparação de alunos para uma determinada trajetória e, em contrapartida, se

centrar em dotá-los com um verdadeiro sentido das possíveis trajetórias que lhes são acessíveis em diferentes comunidades, então a imaginação deverá ocupar um lugar central no *design* da aprendizagem. Para tal, devem ser suportados os três aspetos subjacentes à imaginação: *orientação*, *reflexão* e *exploração*.

No que diz respeito à *orientação*, os participantes numa comunidade precisam de ser capazes de se localizar a si mesmos (no espaço, no tempo, nos significados e nas relações de poder), dado que isso poderá reforçar um sentimento de pertença relativamente à mesma.

Segundo Wenger (1998) uma “*educational imagination*” (p. 272) refere-se à forma como nos localizamos, de modo a termos uma panorâmica geral das comunidades e do nosso lugar nas mesmas. Assim, um sentido de orientação obriga a que existam oportunidades para que as pessoas façam sentido do seu posicionamento no espaço da comunidade, se localizem no tempo e nos significados da prática, bem nas relações de poder inerentes a essa prática. Para tal, são simultaneamente importantes os momentos em que se faz uma avaliação das trajetórias observadas e aqueles em que se partilham histórias da prática.

No que se refere à *reflexão*, a imaginação potencia a oportunidade para novos olhares e para a possibilidade de se equacionar futuros e hipotéticos cenários para as trajetórias adotadas nas nossas vidas.

De acordo com Wenger (1998), os membros de uma comunidade deverão ser capazes de, através da reflexão, comparar a sua prática com outras práticas e deste modo equacionar em quais práticas podem ou querem se incluir. Matos (2003) acrescenta que, em termos educacionais, alunos e professores “(...) devem ter tempo e oportunidade para serem capazes de comparar [a sua prática] com outras práticas através da reflexão – procurar e representar padrões de atividade e de competência e partilhá-los com os outros.” (p. 11). Este aspeto está inevitavelmente relacionado com a *exploração*, ou seja, com as oportunidades e ferramentas necessárias para se pensar em trajetórias possíveis de uma prática e de se criar cenários hipotéticos e simulações, virtualmente inventando o futuro.

Infraestrutura de alinhamento: A imaginação pode abrir portas a novas práticas e ao desenvolvimento de novas identidades através do nosso engajamento, contudo, não é necessariamente eficaz na ligação da aprendizagem a empreendimentos mais amplos. De acordo com Wenger (1998), através do alinhamento “(...) we can learn to have effects and contribute to tasks that are defined beyond our engagement” (p. 239). A

fim de tornar isso possível, uma infraestrutura de alinhamento deve incluir facilidades de *convergência*, *coordenação* e de *decisão coletiva*. Wenger (1998) sugere que a *convergência* e a *coordenação* constituem as duas dimensões mais importantes neste ponto.

A *convergência* implica uma preocupação não apenas com as tarefas comuns mais simples da comunidade mas também a necessidade de encontrar interesses, focos e causas comuns de uma forma mais alargada e abrangente. Assim, as facilidades de convergência compreendem uma visão e entendimento mútuos que englobam a negociação de credos, valores e princípios no seio das comunidades, bem como os aspetos relacionados com a lealdade, liderança, fontes de inspiração e persuasão. A par da convergência, a *coordenação* é um passo crucial no *design* de uma infraestrutura de alinhamento e inclui a definição de métodos de trabalho (planos, *deadlines*, agendas, divisão do trabalho), canais de comunicação (transmissão e propagação da informação, renegociação dos significados), recursos para estabelecer pontes para outras comunidades e feedback.

As facilidades de *decisão coletiva* compreendem políticas, contratos, processos de dúvida; mediação, arbitragem, resolução de conflitos; cumprimento e distribuição de autoridade.

Como temos vindo a discutir, para Wenger (1998), o suporte dado aos modos de pertença – engajamento, imaginação e alinhamento – constituem um aspeto fulcral para um *design* eficiente de aprendizagem. Referindo-se especificamente ao *design* educacional, Wenger (1998) enfatiza que “(...) issues of education should be addressed first and foremost in terms of identities and modes of belonging [...] and only secondarily in terms of skills and information” (p. 263).

Convém acrescentar que quando o autor se refere à educação enfatiza o seu carácter mais profundo, aquele que é independente da idade em que ocorre e que consiste na abertura de identidades, na exploração de novas formas de ser, que transcendem o nosso estado atual.

Enquanto o treino visa a adoção de uma determinada trajetória, almejando a competência numa prática específica, a educação deve esforçar-se por abrir novas dimensões para a negociação do ser, colocando os ‘alunos’ numa trajetória de saída, em direção a um amplo campo de possíveis identidades. Para Wenger (1998) “Education is not merely formative – it is transformative” (p. 263). Consiste num investimento de uma comunidade no seu próprio futuro, não como uma reprodução do passado através de

transmissão cultural mas sim com particular enfoque na formação de novas identidades, que poderá levar mais além a sua história de aprendizagem. Neste sentido, Wenger (1998) adverte que o *design* para a educação deverá atender aos seguintes pressupostos:

1) *Participação e reificação* – como deve ser reificada a aprendizagem. Envolve decisões de participação e reificação: o que reificar, quando e que formas de participação são desenhadas. A reificação do conhecimento não é por si só a garantia de que uma aprendizagem relevante esteja a ocorrer. O *design* educacional não deve assentar no conhecimento reificado mas sim no equilíbrio entre a produção de material reificativo e as formas de participação que representam pontos de entrada numa prática, sendo essa prática o próprio currículo.

2) O *desenhado* e o *emergente* – a relação entre o ensino e a aprendizagem não consiste numa relação de causa-efeito, mas sim numa relação entre recursos e negociação de significados. A aprendizagem e o ensino não estão inerentemente conectados, sendo que muita aprendizagem acontece sem que tenha havido ensino e muito ensino é levado a cabo sem que produza aprendizagem.

3) O *local* e o *global* – as experiências em educação deverão estar conectadas a outras experiências. Uma comunidade de prática é somente uma parte de uma ampla constelação de comunidades de prática e cada prática está localizada no seu próprio passado e no seu próprio contexto.

4) *Identificação e negociação* – existem múltiplas perspetivas e conceções sobre o *design* em educação. O seu efeito na aprendizagem depende das oportunidades criadas para o desenvolvimento de identidades de participação. Um dos problemas do formato tradicional da sala de aula é que revela-se completamente desligado do mundo e demasiado uniforme para suportar formas significativas de identificação. Não será então surpreendente aceitar que o recreio (ou os intervalos) se revela para o aluno como o centro por excelência da sua vida escolar.

3.2. Teoria da Atividade

Nesta secção iremos percorrer as três fases mais marcantes do desenvolvimento da Teoria da Atividade, propostas por Engeström (1999, 2001), procurando realçar os principais elementos teóricos que foram dando corpo a esta perspetiva teórica: atividade, níveis de atividade, e sistema de atividade. Contudo, o foco será essencialmente feito nos desenvolvimentos conceptuais mais recentes no campo da

investigação da Teoria da Atividade, incidindo nos conceitos que prestaram maiores contributos para a compreensão do fenómeno em estudo na presente investigação – a aprendizagem – e na compreensão do papel dos robots e do cenário de aprendizagem enquanto artefactos mediadores na atividade decorrente da implementação do cenário de aprendizagem subjacente a este estudo.

O suporte teórico de partida é o princípio proposto por Vygotsky (1978) de que a aprendizagem é uma articulação entre processos externos e internos, visando a internalização de signos culturais pelo indivíduo, o que gera uma qualidade autorreguladora às suas ações e ao seu comportamento. Esta formulação realça a importância de se olhar para a atividade sócio-histórica e coletiva dos indivíduos quando se pretende compreender o processo de aprendizagem. Por outras palavras, será relevante considerar o caráter de mediação cultural do processo do conhecimento e, ao mesmo tempo, a atividade individual de aprendizagem pela qual o indivíduo se apropria da experiência sociocultural como um ser ativo.

Consequência desta ideia será então o sentido que um indivíduo faz de uma qualquer atividade coletiva na qual está envolvido. Sujeitos envolvidos numa mesma atividade podem produzir conhecimentos em condições e intensidades variadas, devido ao sentido que essa mesma atividade tem para cada um deles.

É o ‘sentido pessoal’ (Leont’ev, 1981) que cada atividade tem para um sujeito que lhe permite determinadas conquistas e avanços pessoais rumo à incorporação de novos sentidos e à constituição de novos significados. Qualquer atividade é fundamentalmente ‘*multi-voiced*’ (Engeström, 1987, 1999, 2001), como tal, não é possível reduzir uma atividade a uma única perspetiva, a um único sujeito, pois as atividades são formações coletivas, e isso significa que nenhum indivíduo, nenhum participante, nenhum sujeito compartilha exatamente a mesma visão, a mesma perspetiva, os mesmos interesses com os outros. (Lemos, Pereira-Querol & Muniz de Almeida, 2013).

De acordo com o que temos vindo a discutir, podemos já avançar a ideia de que na Teoria da Atividade, a aprendizagem é essencialmente vista como um fenómeno decorrente das atividades humanas, que como veremos mais adiante, se manifesta em determinados tipos de atividade cuja realização conduz a novos conhecimentos e práticas, cujas ocorrências são manifestadas sempre nas condições sociais e históricas em que se realizam.

3.2.1. Na génese da Teoria Histórico-Cultural da Atividade

Os fundamentos filosóficos da Teoria da Atividade remontam aos teóricos soviéticos e incluem ideias de Hegel e Kant, bem como a teoria do materialismo dialético desenvolvido por Marx e Engles. A Teoria da Atividade surgiu no seio de um grupo de psicólogos revolucionários russos nos anos 20 e 30 do século passado, destacando-se os trabalhos de Vygotsky, Leont'ev e Luria.

De acordo com Engeström (1987, 1999, 2001) existiram, ao longo da história, três gerações da Teoria da Atividade, embora essa divisão seja questionada, principalmente em função da posição que deve ser ocupada por Leont'ev em tal tríade geracional (se na primeira ou na segunda geração).

Segundo o mesmo autor (1999, 2001) a primeira geração é representada por Vygotsky (1978, 1981), que efetivamente sistematizou o conceito de atividade e a hierarquia de tal sistema. O conceito de *mediação* representa um dos grandes contributos conceptuais da primeira geração.

A segunda geração centra-se nos trabalhos de Leont'ev (1978, 1981) e veio acrescentar o conceito de *atividade coletiva*. Já a terceira geração desenvolveu-se a partir dos estudos do próprio Engeström (1999), tendo por foco a análise das relações socialmente estabelecidas num sistema de atividade, expandindo o modelo de Leont'ev, passando a ser composto pelos seguintes elementos: artefactos, sujeitos, objetos, divisão de trabalho, regras e comunidade, sendo que os dois últimos realmente representam uma inovação relativamente aos estudos de Leont'ev e ao seu sistema de atividade hierarquizado entre atividade, ações e operações.

Na designada primeira geração da Teoria da Atividade, Vygotsky (1978) postulou que a chave para a compreensão dos processos mentais reside no estudo da forma como os indivíduos participam e apropriam-se das práticas sociais em que participam. Uma das ideias centrais é o conceito de *mediação* que assenta no pressuposto de que os processos sociais e psicológicos humanos se formam através de ferramentas ou artefactos culturais, que medeiam a interação entre indivíduos e entre estes e os seus envolvimentos físicos.

Esta ideia foi cristalizada no modelo triangular de Vygotsky, abaixo representado, onde a mediação cultural das ações é expressa pela tríade: sujeito, objeto e artefacto de mediação.

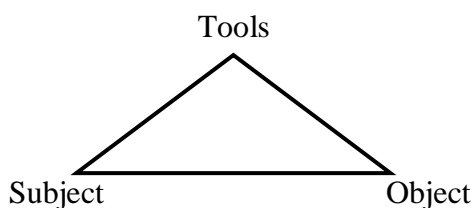


Fig. 2 – Modelo de Mediação proposto por Vygotsky (1978, p.40).

No modelo acima apresentado, Vygotsky evidencia que a ação do sujeito sobre o objeto é mediada por ferramentas (signos ou instrumentos) culturais. Essas ferramentas servem como artefactos para pensar e agir e, por conseguinte, transformam a maneira como raciocinamos, comunicamos e realizamos todo o tipo de ações. Essas ferramentas culturais podem ser físicas, ou mentais. Por exemplo na atividade matemática escolar, a ferramenta de mediação pode ser, por exemplo, uma calculadora, um manual escolar, um robot, uma opção metodológica, a linguagem ou um mapa conceitual.

Vygotsky distinguiu os instrumentos e os signos como elementos ou ferramentas de mediação. Os instrumentos ao se interporem entre o homem e o mundo, ampliam as possibilidades de transformação da natureza. Por exemplo, um machado permite um corte mais afiado e preciso, um recipiente facilita o armazenamento de água e um registo escrito feito numa folha de papel permite o posterior acesso a uma determinada informação. Alguns animais, sobretudo primatas, podem até utilizar instrumentos, mas é o homem que concebe um uso mais sofisticado – guarda instrumentos para o futuro, inventa novos e deixa instruções para que outros os fabriquem.

O signo tem uma função análoga à do instrumento, porém age como uma ferramenta da atividade psicológica. Como tal, o signo é exclusivamente humano. No exemplo acima referido do instrumento ser uma nota escrita numa folha de papel, a linguagem utilizada nesse registo é toda ela composta de signos. Por exemplo, a palavra cadeira remeterá o leitor para o objeto concreto cadeira, sem a necessidade de estar a vê-la fisicamente. De acordo com Vygotsky (1978), para o homem, a capacidade de construir representações mentais que substituam os objetos do mundo real é um traço evolutivo muito importante.

No modelo triangular proposto por Vygotsky a unidade de análise era orientada para o objeto e para a ação mediada por ferramentas culturais e signos. Para Engeström (2001), essa é apontada como a principal limitação da primeira geração, uma vez que o foco da unidade de análise permanecia na ação individual. Não havia reconhecimento do papel desempenhado pelos outros seres humanos, sendo assim desprezado o contexto

em que o sujeito se insere. No entanto, Engeström (2001) reconhece que, ao inserir o papel dos artefactos nas ações humanas, Vygotsky apresentou uma ideia revolucionária, sendo o conceito de mediação reconhecido como um dos princípios basilares de toda a Teoria da Atividade uma vez que “The individual could no longer be understood without his or her cultural means; and the society could no longer be understood without the agency of individuals who use and produce artifacts.” (p. 134).

A limitação acima descrita foi superada pela segunda geração da Teoria da Atividade, centrada no trabalho de Leont’ev (1978, 1981), onde o autor explicita a diferença entre a ação individual e uma atividade coletiva, sendo assim reconhecida a natureza sempre social e cooperativa da atividade humana.

Leont’ev propôs que, para entender uma ação, é necessário compreender o motivo por detrás da atividade na qual está inserida, ou seja, é preciso compreender a *atividade* que a direciona. A atividade humana, segundo o autor, é definida na relação do homem com o mundo e dirigida pelos seus motivos.

O aparecimento do que Leont’ev denomina de *atividade* ocorreu quando o ser humano passou a viver em sociedade, com sua consequente divisão de trabalho. Por causa dessa divisão, a ligação entre uma necessidade humana e a sua satisfação deixou de ser direta, como o é para os animais. Tal ligação passou a ocorrer por meio de resultados parciais, alcançados por diferentes participantes da atividade de trabalho coletiva, utilizando diferentes ferramentas. Assim, as necessidades passaram a ser satisfeitas por meio de ações coletivas de um grupo em interação social.

Por exemplo, para um ser humano com sede, a necessidade de beber será motivada pela sede, embora ele possa realizar ações que não estão diretamente voltadas para a obtenção de água para matar a sede - como preparar um recipiente ou algo para obter a água. Assim, não há, necessariamente, identidade entre o que motiva uma atividade e o que motiva as ações realizadas individualmente para levá-la a cabo.

Na conceptualização da atividade proposta por Leont’ev (1978) podemos identificar diferentes elementos constituintes da globalidade de um sistema. O seu exemplo da ‘caçada primitiva e coletiva’ permite-nos aceder a uma clara descrição de cada um desses elementos num contexto que nos facilita a sua interpretação, nomeadamente no que se refere à distinção entre uma ação individual e uma atividade coletiva.

No célebre exemplo de Leont’ev (1978), numa caçada primitiva coletiva a caçada é a atividade, a caça o seu objeto e a fome da presa o seu motivo. Na atividade

da caçada existem indivíduos encarregues de bater a caça e outros de vigiá-la e apanhá-la. No que diz respeito aos batedores, quando estes fazem barulho, o seu bater é uma operação e a sua ação dentro da atividade consiste em assustar a caça e direcioná-la para os outros caçadores. Esta ação tem como objetivo assustar a caça, o que contradiz o objeto e motivo da atividade, que é apanhar os animais. Contudo, a ação destes indivíduos é parte da atividade na base do seu saber consciente de que ao assustarem os animais e os direcionarem para os outros caçadores, serão efetivamente caçados.

O exemplo da caçada permite-nos estabelecer importantes relações entre diferentes conceitos, nomeadamente atividade (ligada a um motivo), ação (ligada a um objetivo) e operação (ligada a condições), evidenciando um modelo hierárquico para a atividade humana: atividade – ação – operação.

Outro aspeto interessante a considerar, prende-se com o carácter flexível da identificação destes elementos, sendo que estes não devem ser vistos como algo que uma vez classificado de determinada forma assim permanecerá. Com efeito, no exemplo da caçada, se um batedor descobrir que é divertido bater, se começar a bater a seu belo prazer, ele estará motivado pelo bater. Assim, o bater, em si mesmo, passa a ser um objeto e não uma ação e, dessa forma, produz uma nova atividade a partir do que anteriormente era uma ação (Fernandes & Santos, 2013).

De acordo com esta perspetiva, o conceito de atividade humana, proposto por Leont'ev (1978), somente pode ser entendido quando se toma a sua relação com um motivo (material ou ideal), que é o que lhe dá direção. Assim, a atividade não pode ser diretamente percebida, já que o que se percebe são as ações que a compõem. É importante atender para o facto de que cada tipo de ação pode compor diferentes tipos de atividade, e uma atividade pode ser levada a cabo por meio de diferentes ações.

Leont'ev denomina de *operações* os métodos para realizar diferentes ações. As ações são relacionadas com os objetivos e as operações com as condições. Se, por exemplo, tivermos o objetivo de dividir um objeto em partes (ação), poderemos recorrer a diferentes procedimentos (operações) para fazê-lo, como cortar, quebrar, serrar, desmontar, etc.

O modelo 'triangular' de Vygotsky nunca foi graficamente expandido por Leont'ev para um sistema de atividade coletiva. É Engeström (1987) o responsável por essa representação, onde o triângulo superior (correspondente ao modelo de Vygotsky) pode ser visto como a caracterização das ações individuais e de grupo inseridas num sistema de atividade coletiva.

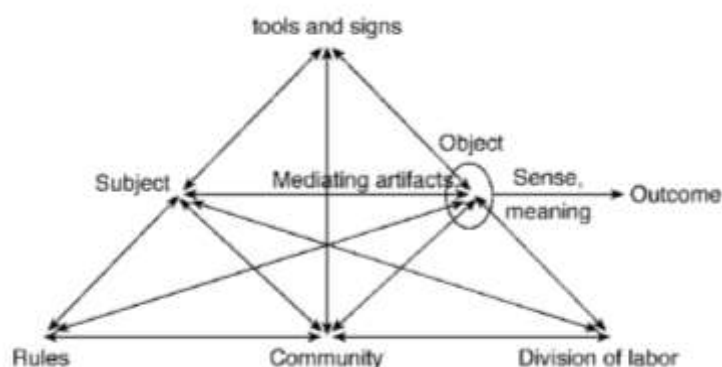


Fig. 3 – Estrutura da atividade humana (Engeström (1987), in Engeström (2001, p.135).

Na terceira geração da Teoria da Atividade, Engeström (1987, 1999, 2001) apresenta um significativo avanço no quadro conceptual e metodológico, uma vez que procura explicitar o conceito de sistema de atividade, alargando-o com a inclusão de mais elementos constituintes da atividade e onde é também estabelecido um maior número de relações entre esses elementos. Esses elementos são:

Sujeito – indivíduo ou grupo de indivíduos cuja atuação é tomada como ponto de partida para a análise.

Objeto – “espaço do problema” em relação ao qual a atividade está direccionada e que é moldado ou transformado em produto/resultado com a ajuda dos artefactos.

De acordo com Engeström (1999), “activities are social practices oriented at objects, [sendo que] (...) an entity becomes an object of activity when it meets a human need.” (p. 380). Os sujeitos envolvidos numa atividade coletiva constroem um objeto cujas características assumem-se como essenciais para o desenvolvimento de uma prática social específica. De acordo com esta ideia, o objeto representa a força motriz que molda e direciona a atividade coletiva. O objeto determina o horizonte de possíveis ações assumidas numa determinada prática (Engeström, 1995). Contudo, não confundamos objetos com objetivos. Os objetivos estão relacionados com ações específicas cujo começo e fim estão perfeitamente definidos, não sendo contínuos nem duradouros. Os sistemas de atividade, por sua vez, envolvem longos ciclos nos quais começos e fins são difíceis de determinar.

Um sistema de atividade gera constantes ações a partir das quais o objeto da atividade é reconstruído sob formas e conteúdos específicos. No entanto, “(...) being a horizon, the object is never fully reached or conquered” (Engeström, 1999, p. 381). O

potencial criativo da atividade está intrinsecamente relacionado com a procura de ações que contribuem para a construção e redefinição de um objeto.

Instrumentos (ferramentas e signos) – ferramentas físicas e simbólicas, externas e internas (instrumentos e signos mediadores), que desempenham o papel de artefactos de mediação entre o sujeito e o objeto. Estes artefactos são também moldados na atividade.

Comunidade – indivíduos e/ou grupos de indivíduos que compartilham o mesmo objeto; A atividade humana é simultânea e inseparavelmente um atributo social, uma vez que acontece dentro de uma comunidade.

Divisão do trabalho – Formas implícitas ou explícitas de organização da comunidade relacionada com a transformação do objeto em produto. Inclui a divisão horizontal das tarefas entre os membros da comunidade e a divisão vertical associada ao poder e ao *status*. A *divisão do trabalho* concretiza-se numa contínua e negociada distribuição de tarefas, poderes e responsabilidades entre os participantes do sistema de atividade.

Regras – regulamentos implícitos e explícitos, normas e sanções que restringem e regulam as ações no interior do sistema de atividade. São as *regras* que ditam quais os procedimentos considerados corretos e/ou aceitáveis nas interações entre os membros da comunidade na qual o sujeito se insere.

A abordagem da atividade proposta por Engeström (1987) sugere a importância de olhar para o nível macro e para o nível micro da atividade coletiva. O nível macro dá-se pela inclusão no sistema da atividade da comunidade em que a atividade ocorre, das suas regras e da forma como é feita a divisão do trabalho. O nível micro, corresponde ao agente individual (sujeito), operando com ferramentas.

Na representação gráfica proposta por Engeström (1987), sujeito, objeto e comunidade mantêm uma relação de tripla via entre si, sendo que cada uma dessas relações é mediada pelas ferramentas e signos, pelas regras e pela divisão de trabalho. As ferramentas e signos são artefactos mediadores na relação entre o sujeito e o objeto, as regras medeiam a relação entre o sujeito e a comunidade e a divisão do trabalho é mediadora na relação entre a comunidade e o objeto.

O modelo apresentado por Engeström (1987) caracteriza-se por ser dinâmico, uma vez que os componentes do sistema de atividade e as suas relações não são estáticas nem harmoniosas. São caracterizadas pela ambiguidade e pela mudança, resultantes das perturbações e tensões vividas.

Um conceito fundamental decorrente das tensões e conflitos vivenciados dentro de um sistema de atividade é o de *contradição*. Engeström (1987, 1999, 2001) enfatiza a importância das contradições nos sistemas de atividade como força motriz da mudança e desenvolvimento da atividade.

De acordo com Engeström (2001) as contradições geram perturbação e conflitos, mas também tentativas inovadoras para mudar a atividade, sendo que “In important transformations of our personal lives and organizational practices, we must learn new forms of activity which are not yet there. They are literally learned as they are being created” (Engeström, 2001, p. 138).

As contradições podem promover esforços de inovação e soluções adaptativas que provocam mudança e desenvolvimento no sistema de atividade. Essas contradições são acentuadas por continuas transições e transformações entre as componentes do sistema de atividade “(...) and between embedded hierarchical levels of collective motive-driven activity, individual goal-driven action, and automatic operations driven by the tools and conditions of action.” (Engeström, Miettinen & Punamäki, 1999, p. 9).

Ao longo dos tempos o conceito de sistema de atividade continuou a evoluir. Numa fase mais recente da Teoria da Atividade, o desafio tem-se pautado pelo estabelecimento de redes de sistemas de atividade, com enfoque na análise tanto das relações internas dos sistemas, como também das interações e interdependências entre os diferentes sistemas. Com efeito, Engeström (2001) considera que a terceira geração da Teoria da Atividade deve desenvolver ferramentas conceituais para entender diálogos entre diferentes tradições, múltiplas perspectivas, vozes e redes de sistemas de atividade capazes de interagir. Com base neste pressuposto, este autor expandiu o modelo triangular do sistema de atividade, anteriormente proposto, incluindo pelo menos dois sistemas de atividade em interação.

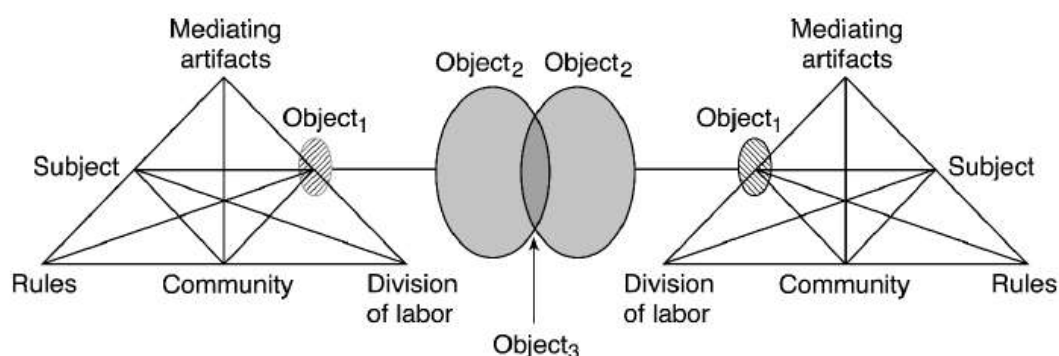


Fig. 4 – Dois sistemas de atividade em interação como modelo mínimo para a terceira geração da Teoria da Atividade (Engeström, 2001, p. 136).

Neste modelo, o objeto move-se de um estado inicial de “matéria prima” (objeto 1) para um objeto coletivamente significativo, construído pelo sistema de atividade (objeto 2) e para um objeto potencialmente partilhado construído conjuntamente (objeto 3). Chamando à atenção para a possibilidade de emergência de novos objetos a partir da interação de dois, ou mais, sistemas de atividade, Engeström (2001) enfatiza que os desafios centrais consistem em “(...) acquire new ways of working collaboratively” (p. 139).

Com o intuito de sumarizar as ideias substanciais inerentes ao modelo da Teoria da Atividade, Engeström (2001) sistematizou e contextualizou algumas das ideias trazidas pelas gerações anteriores da Teoria da Atividade apresentando cinco princípios centrais (pp.136 e 137):

1) *Sistema de atividade como unidade de análise;*

Um sistema de atividade coletiva, mediado por artefactos e orientado para objetos, visto na sua rede de relações com outros sistemas de atividade, é tomado como unidade de análise.

As ações individuais, ou de grupo, dirigidas para objetivos, assim como as operações automáticas, são relativamente independentes, mas subordinadas a unidades de análise, eventualmente compreensíveis apenas quando interpretadas no âmbito dos sistemas de atividade na sua totalidade. Os sistemas de atividade realizam-se e reproduzem-se por eles próprios gerando ações e operações.

Tomando como unidade de análise o sistema da atividade coletiva orientada para o objeto e mediada por artefactos, Engeström faz assim a ponte entre o sujeito individual e a estrutura social.

2) *Múltiplas vozes (multivoicedness) dos sistemas de atividade;*

Um sistema de atividade é sempre formado por uma comunidade na qual os sujeitos possuem múltiplos pontos de vista, tradições e interesses. A divisão do trabalho numa atividade cria diferentes posições para os participantes. Esses participantes carregam as suas histórias diversas e o próprio sistema de atividade carrega múltiplas camadas e fios da história gravados nos seus artefactos, regras e convenções. A *multivoicedness* é multiplicada nas redes de sistemas interativos da atividade, podendo constituir tanto uma fonte de problemas quanto uma fonte de inovação, exigindo esforços de entendimento e negociação.

3) *Historicidade;*

Os sistemas de atividade tomam forma e transformam-se através de prolongados períodos de tempo. Os seus problemas e potencialidades apenas podem ser compreendidos no contexto da história local da atividade e dos seus objetos. A própria História (da humanidade) necessita de ser estudada como história local da atividade e dos seus objetos, e como história das ideias teóricas e ferramentas que tem moldado essa atividade.

4) *Contradições como fontes de mudança e de desenvolvimento;*

As contradições vão acumulando historicamente tensões estruturais dentro e entre os sistemas de atividade. As contradições primárias refletem a contradição básica da característica da formação socioeconómica como um todo. A principal contradição das atividades no capitalismo está entre o valor de uso e o valor de troca das mercadorias. Esta contradição permeia todos os elementos dos nossos sistemas de atividade, aparecendo sob diferentes formas como a contradição primária daquela atividade específica. As atividades são sistemas abertos. Quando um sistema de atividade adota um novo elemento a partir do exterior (por exemplo, uma nova tecnologia ou um novo objeto) que muitas vezes leva a uma contradição secundária, agravada quando algum elemento antigo (por, exemplo as regras ou a divisão do trabalho) colide com o novo.

As contradições geram perturbação e conflitos, mas também transformações inovadoras e soluções adaptativas que provocam desenvolvimento no sistema de atividade. Engeström identifica a ocorrência de aprendizagem quando está envolvida mudança que emerge da procura de “resolver” as contradições internas das atividades, sendo que para se enfrentarem as contradições internas torna-se necessária “(...) a certain special activity of reflecting” (Engeström, 2001, p. 62).

5) *Possibilidade de transformações expansivas nos sistemas de atividade.*

Os sistemas de atividade movem-se através de longos ciclos de transformações qualitativas. Quando as contradições do sistema de atividade são agravadas, alguns participantes individuais começam a questionar e a afastar-se das normas estabelecidas. Em alguns casos, isto intensifica-se num desempenho de colaboração e esforço deliberado de mudança coletiva. Uma transformação expansiva é realizada quando o objeto e o motivo da atividade são continuamente conceptualizados para abarcar um horizonte radical mais amplo de possibilidades do que no modo anterior da atividade.

3.2.2. Aprendizagem como Transformação Expansiva

Segundo Engeström (2001) muitas das teorias de aprendizagem focam-se nos processos pelos quais um sujeito (em geral um indivíduo e às vezes organizações) adquire algum conhecimento ou capacidade identificável de tal forma que se consegue observar alguma mudança de comportamento no sujeito. Neste quadro está pressuposto que o conhecimento a ser adquirido, é estável, está razoavelmente definido e que existe um professor ‘competente’ que sabe o que deve ser aprendido. Consequência deste entendimento, é a tendência para pensar nos processos de aprendizagem como processos verticais. No entanto, este autor enfatiza que a maior parte das formas de aprendizagem que ocorre em organizações profissionais viola estes pressupostos. Ou seja, o conhecimento não é estável, não está definido nem é compreendido antecipadamente. O que Engeström (2001) se propõe então fazer é “(..) construct a complementary perspective, namely that of horizontal and sideways learning and development” (p. 153).

No âmbito das investigações realizadas em contextos profissionais, Engeström (1987, 2001) desenvolveu uma visão sobre a aprendizagem que denominou de *Learning Activity* (atividade de aprendizagem) ou *Expansive Learning* (aprendizagem expansiva) cujo foco consistiu em compreender o processo pelo qual os sujeitos constroem um novo objeto e o conceito para sua atividade coletiva.

A atividade dos sujeitos é movida por um interesse comum, que constitui o objeto da atividade. Este objeto deve, por sua vez, ser entendido como um projeto em construção que passa do estado de ‘matéria-prima’ latente a uma forma com sentido, e depois a resultado ou produto. Durante todo este processo, pode ocorrer uma aprendizagem expansiva.

Engeström (1999) afirma que a Teoria da Aprendizagem Expansiva consiste num método de “(...) grasping the essence of an object by tracing and reproducing theoretically the logic of its development, of its historical formation through the emergence and resolution of its inner contradictions” (p. 382). A aprendizagem expansiva é-nos assim apresentada como um processo dialético no qual determinadas contradições provocam tensões dentro do sistema de atividade, provocando uma transformação.

Segundo Engeström (1999, 2001), a aprendizagem expansiva inicia-se quando algumas pessoas põem em causa as práticas habitualmente aceites, transformando-as

progressivamente num movimento coletivo. O movimento expansivo é o resultado do processo de transição de ações desenvolvidas pelos indivíduos para uma nova atividade coletiva. No entanto, convém salientar que, uma transição da ação para a atividade é considerada expansiva quando envolve a transformação dos objetivos das ações e quando os indivíduos se tornam conscientes das contradições na sua atividade atual, na perspectiva de uma nova forma de atividade. “In this sense, learning by expanding can be defined as a “thoughtfully mastered learning activity” (Engeström, 1987, p. 210).

Um ciclo de aprendizagem expansiva compreende sete passos que podem ser descritos na figura que se segue:

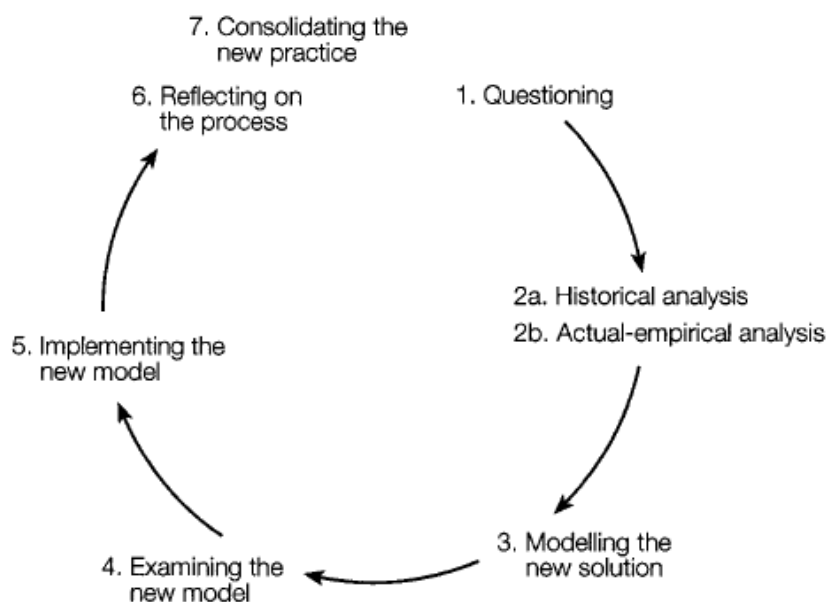


Fig. 5 – Sequência de ações num ciclo de aprendizagem expansiva (Adaptado de Engeström (2001), p. 152).

De acordo com Engeström (2001), “(...) actions of questioning and analysis are aimed at finding and defining problems and contradictions behind them” (p. 152). Assim, o passo 1 (*questioning*) corresponde ao questionamento, crítica ou rejeição de alguns dos aspetos da situação atual. Esta fase é caracterizada por uma situação de insatisfação com a situação existente, um estado de crise ou uma necessidade urgente de fazer algo. Neste momento as contradições aparecem na sua forma básica, como contradições primárias. Durante esta fase, os sujeitos começam a discutir e a desafiar o propósito da sua atividade – do seu objeto – e a forma atual de alcançá-lo. Há uma necessidade de mudança, mas ainda não há uma pressão urgente de mudança, pois é possível deixar a situação tal como está (Engeström, 1987).

O passo 2 (*analysing*) corresponde à análise da situação acima descrita. Neste passo são analisadas as causas sistêmicas e históricas dos problemas e identificadas as contradições internas da estrutura sistêmica que estão a causar esses problemas no sistema de atividade. A expressão popular “estar de mãos e pés atados” pode auxiliar no entendimento do termo inglês utilizado: *double-bind*. Nesta fase do ciclo expansivo, a contradição começa a produzir desajustes e tensões entre os elementos do sistema de atividade que são chamadas de contradições secundárias. Pessoas que participaram da atividade sentem que não é possível continuar a fazer as coisas da maneira atual. Contudo, ainda não sabem o que deve ser feito para resolver os problemas (Engeström & Sannino, 2012).

Os passos 3 (*modelling*) e 4 (*examining the new model*) consistem na representação da estrutura sistêmica da atividade, a fim de encontrar uma nova forma para a atividade que resolva, de forma expansiva, as incompatibilidades internas entre os seus componentes. As ações desempenhadas implicarão encontrar uma nova interpretação da finalidade da atividade (objeto) e uma nova lógica de organização do mesmo, ou seja, uma solução. Quando a solução é modelada, a atividade idealizada pode ser implementada.

O passo 5 (*implementing the model*) consiste em implementar um novo modelo de atividade. Tal implica começar a transformar a prática, concebendo e implementando novas ferramentas e novas soluções. Tensões entre os elementos da nova atividade e elementos da atividade anterior começam a surgir (contradições terciárias). Essas tensões podem ser causadas tanto pelo desenvolvimento insuficiente dos novos elementos quanto por alguma incompatibilidade entre o novo e o velho. Esse tipo de contradição surge normalmente durante a fase de aplicação e generalização de uma nova atividade (Engeström, 1987).

Os passos 6 (*reflecting on the process*) e 7 (*consolidating the new practice*) consistem em refletir sobre a nova prática, consolidando-a e disseminando-a. Uma vez que a nova atividade começa a tomar forma, e o novo conceito da atividade começa a ser implementado e produzido, é muito provável que a nova atividade possa colidir com outras atividades relacionadas que ainda seguem a velha lógica de produção. Assim, antes de ser capaz de consolidar a nova atividade, o sujeito tem de resolver essas tensões com as atividades relacionadas. Essas tensões são as contradições quaternárias.

O processo de aprendizagem expansiva, deve ser entendido como uma sucessiva construção e resolução de tensões ou contradições num complexo sistema de atividade,

que inclui o objeto ou objetos, os artefactos mediadores e as perspectivas dos participantes. A construção e definição de objetos, mediada por artefactos não se dá de uma forma solitária e harmoniosa. Dá-se por intermédio de um processo dialético e colaborativo no qual diferentes perspectivas e vozes se encontram, colidem e se fundem. Essas diferentes perspectivas⁷ estão enraizadas em diferentes comunidades e práticas que continuam a coexistir dentro de um único sistema de atividade coletiva (Engeström, 1999).

Em cada fase do ciclo expansivo, um tipo diferente de contradição interna impulsiona o desenvolvimento, sendo que diferentes ações são levadas a cabo, contribuindo para a redefinição do objeto ou objetos da atividade coletiva. “É quando as transformações são acompanhadas de reconceptualizações dos objetos e motivos que elas são expansivas, ou seja, que elas abrem o horizonte de possibilidades para dar lugar a novos modos de atividade, mais poderosos, mais ajustados às mudanças que o agravamento das contradições exigiria” (Fernandes & Santos, 2013, p. 36). Neste sentido, a aprendizagem expansiva é uma abordagem que supõe que os indivíduos envolvidos no ciclo expansivo são construtores de um novo objeto e motivo para a sua atividade. Assim, para que o ciclo seja expansivo, ou seja, para que a aprendizagem ocorra, é necessário que existam condições para que decorram transições expansivas das ações para uma nova atividade.

Engeström (2001) sugere que o conceito de aprendizagem expansiva seja examinado com a ajuda de quatro questões⁸:

- Who are learning? – Quem são os sujeitos que aprendem? Como são definidos e localizados?
- Why do they learn? – O que os faz aprender? Porque aprendem?
- What do they learn? – Quais são os conteúdos e resultados da aprendizagem?
- How do they learn? – Quais são as ações chave do processo de aprendizagem?

⁷ Engeström (1999) tece considerações acerca da forma como conceptualiza o termo ‘perspetiva’.

⁸ Estas quatro questões aparecem em Engeström (2001) onde o autor procura respondê-las a partir da análise a um estudo relacionado com intervenções no campo multiorganizacional do cuidado médico de crianças na Finlândia.

Engeström (2001) construiu a matriz da aprendizagem expansiva, resultante do cruzamento destas quatro questões com os cinco princípios da Teoria da Atividade atrás enunciados.

Como temos vindo a discutir, de acordo com Engeström (1987, 1999), os ciclos expansivos têm início com o questionamento dos indivíduos face às práticas aceites pela comunidade e com a sua expansão gradual num movimento coletivo. Porém, a formulação de novas propostas carece de discussões críticas, de rejeições e de reformulações para que sejam posteriormente implementadas. Esse processo de reflexão é igualmente pautado pela negação, pela resistência e/ou pelo confronto das diferentes perspetivas dos que se encontram e interagem, gerando uma transformação coletiva.

Assim, para Engeström (1987), a aprendizagem emerge através de transformações que acontecem no sistema de atividade, sendo que esse processo ocorre inicialmente de forma individual e transcende para o coletivo com a criação de novos instrumentos por meio de artefactos de mediação, signos e ferramentas, que são usados em conjunto pela comunidade para produzir um novo objeto e motivação no trabalho. Esse mesmo autor considera ainda que a aprendizagem não é apenas uma formação de rotinas coletivas, mas também a criação e implementação de novas ferramentas que são capazes de ampliar as rotinas existentes, tornando-se expansiva e assumindo o papel de renegociação das relações de colaboração e prática.

3.2.3. Artefactos de Mediação

Na análise anteriormente feita às três gerações ou fases teóricas da Teoria da Atividade, verificamos que a primeira delas centrou-se no conceito de mediação do artefacto, introduzido por Vygotsky (1978, 1981).

No início da obra de Vygotsky, a unidade de análise era orientada para o objeto e para a ação, mediada por ferramentas culturais e signos. Nesse modelo, não havia o reconhecimento do papel desempenhado pelos outros seres humanos e respetivas relações sociais. Contudo, ao inserir artefactos nas ações humanas Vygotsky (1978, 1981) apresenta uma ideia inovadora, uma vez que o indivíduo deixou de poder ser compreendido sem o seu meio cultural e a sociedade deixou de poder ser entendida sem as pessoas que usam e produzem ferramentas. O conceito de mediação, deixado pela primeira geração da Teoria da Atividade, permanece como um dos princípios basilares desta teoria.

Os artefactos de mediação tanto podem ser instrumentos (por exemplo, um compasso, uma régua, um cenário de aprendizagem, ...), códigos de signos (linguagem oral ou escrita) ou máquinas/tecnologia (um computador, uma calculadora ou um robot). O elemento essencial destes artefactos é o facto de terem um papel mediador, isto é, não representam apenas meios para desempenhar uma determinada ação – por exemplo, um compasso para se desenhar um círculo ou uma calculadora para se fazer um cálculo – mas são utilizados como ferramentas que ampliam e transformam essa ação, representando, assim, meios para aprender.

Uma ferramenta mediadora representa muito mais do que algo que está a ser utilizado na interação entre o sujeito e o objeto. A ferramenta mediadora corresponde ao artefacto que “(...) dá poder no processo de transformação dos objetos, que o torna significativo, ‘algo’ com o qual se pensa” (Piteira & Matos, 2000, p. 62).

A mediação dos artefactos assenta em duas ideias basilares, que estão profundamente conectadas entre si. Por um lado, a ideia de que quando uma nova ferramenta passa a ser incorporada como um instrumento de mediação numa determinada atividade, ela tem o poder de alterar essa atividade. Por outro, é também importante salientar que as ferramentas de mediação são criadas e transformadas durante o desenvolvimento de uma atividade e carregam consigo uma cultura particular, isto é, os vestígios históricos desse desenvolvimento.

Pensemos por exemplo na utilização do telemóvel como ferramenta de mediação humana no ato de comunicar. A inclusão deste artefacto mudou substancialmente a forma como comunicamos. Com este dispositivo deixamos de estar ‘fixos’ a um determinado local para efetuarmos ou recebermos uma chamada telefónica, ao invés do sucedido com o seu parente próximo, o telefone fixo. O telemóvel permite ao seu utilizador estar sempre contactável, em qualquer momento e em qualquer lugar (desde que se tenha rede!). Permite assim uma comunicação imediata, o que é amplamente vantajoso.

A mobilidade trazida pelo telemóvel abriu novos horizontes de possibilidades no que se refere à comunicação humana. Por outro lado, esta ferramenta de mediação tem ela própria se transformado ao longo dos tempos. Verificamos que, o que começou por ser ‘apenas’ um telefone móvel tem-se transformado num dispositivo tecnológico dotado de inúmeras potencialidades, conducentes a diferentes formas de comunicar. Essas transformações, nomeadamente no que se refere ao acesso à internet e

consequente uso de aplicações móveis, abriu as portas a diferentes formas de comunicar que ultrapassam a mera chamada telefónica.

Com um telefone é agora possível consultar e enviar *e-mails*, utilizar redes sociais tais como o Facebook ou Twitter, ou ainda encontrar a morada certa numa determinada cidade por via do GPS. A inclusão deste artefacto – o telemóvel – tem mediado, social e culturalmente, a forma como comunicamos.

Imbuída desta ideia relacionada com a transformação do artefacto no desenvolvimento da atividade coletiva, ao olhar para os dados e na tentativa de compreender o papel mediador do robot na atividade resultante da implementação do cenário de aprendizagem, fomos percebendo que a transformação do artefacto não corresponde necessariamente a uma transformação física mas, essencialmente, à forma como este se transforma conceptualmente, fruto da forma como o sujeito atua com ele.

Analisando os robots construídos pelos alunos verificamos que fisicamente não existiram transformações nos mesmos no decorrer da implementação do cenário. Contudo, como iremos analisar mais à frente, a forma como os alunos ‘olharam’ para estes artefactos e o que eles representaram para os alunos no contexto da atividade foi-se transformando no desenvolvimento da atividade.

De acordo com Engeström (1987, 1998), na estrutura de uma atividade podemos identificar os sujeitos, que agem sobre objetos, atendendo aos seus motivos, num processo de transformações recíprocas até atingirem determinados resultados. Apelando ao sistema de atividade proposto por Engeström (1987, 1998), num sistema de atividade escolar há sempre objetos para os alunos realizarem atividades mediadas por ferramentas que ajudam a transformar o objeto em resultados, ou seja, em aprendizagem. Partindo deste pressuposto, podemos aferir que a utilização de instrumentos de mediação num ambiente de aprendizagem, como seja a utilização de robots na implementação de um cenário de aprendizagem, pode, e certamente muda, as atividades de aprendizagem.

Tendo por base a ideia de mediação proposta por Vygotsky (1978) e os estudos dos seus sucessores (Luria, 1976; Leont’ev, 1978, 1981; Wertsch & Addison Stone, 1985), muitos são os autores (Bartolini Bussi & Mariotti, 2008; Chassapis, 1999; Jones, 1997, 1998; Mariotti 2009; Meira, 1998; Rabardel & Samurçay, 2001; Radford, 2003; Trouche, 2004; Wertsch, 1985) que, no campo da Educação Matemática, têm-se dedicado, nas últimas décadas, à compreensão do processo que (...) starts with the use

of an artifact to accomplish a task and leads to the learning of a particular mathematical content.” (Drijvers et al., 2009, p. 116).

Jones (2000) foca alguns dos trabalhos supra citados analisando “(...) how the process by which learners create meaning is embedded within the setting or context and is mediated by the forms of interaction and by the tools being used” (p. 5). Inspirado pela perspectiva sociocultural podemos visualizar na figura abaixo o modelo apresentado por Jones (2000):

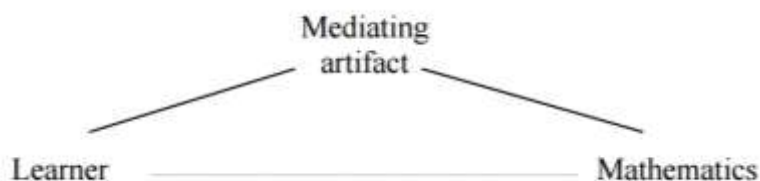


Fig. 5 – Modelo de mediação do artefacto (Jones, 2000, p.2).

O modelo proposto por Jones (2000) é usualmente sumarizado nas seguintes premissas:

- 1) Os artefactos são instrumentos de acesso ao conhecimento, às atividades e às práticas de uma comunidade;
- 2) Os tipos de ferramentas existentes numa prática estão inter-relacionados de maneiras intrincadas com os entendimentos que os participantes na prática podem construir;
- 3) Os artefactos não servem simplesmente para facilitar os processos mentais. Fundamentalmente, os artefactos moldam e transformam esses processos;
- 4) Os artefactos medeiam a ação do sujeito que os utiliza. Eles existem entre o sujeito e o mundo e transformam a atividade do sujeito sobre o mundo.
- 5) Uma ação não pode ser reduzida ou mecanicamente determinada pelos artefactos que a sustentam. Uma ação envolve sempre uma tensão inerente entre as formas de mediação e o sujeito, ou sujeitos, que utilizam os artefactos de uma forma única e concreta nessa ação.

Este modelo revela-se promissor quando se pretende analisar o papel mediador de um artefacto para a aprendizagem matemática dos alunos.

4. METODOLOGIA

O problema central desta investigação revela preocupações relacionadas com a aprendizagem num ambiente escolar em que são desenvolvidas atividades com robots. Assim, tomou-se como fenómeno em estudo a *aprendizagem*, sendo que o que se propõe neste trabalho é, fundamentalmente, **compreender a aprendizagem de tópicos e conceitos matemáticos por alunos do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB), participando num projeto com robots.**

O problema de investigação enunciado no parágrafo anterior foi dissecado nas seguintes questões que norteiam o presente estudo. Durante a investigação, estas questões, e as subinterrogações em que se desdobram, foram sendo reformuladas como fruto da relação dialética entre o campo teórico e o campo empírico:

1. Como se caracteriza a aprendizagem e a aprendizagem da matemática?

- (a) Que suporte é fornecido pela Teoria da Aprendizagem Situada para a compreensão da aprendizagem matemática escolar como participação?
- (b) Como se constrói a competência [matemática] dos alunos?
- (c) Que suporte é fornecido pela Teoria da Atividade para a compreensão da aprendizagem matemática escolar como transformação?

2. Qual o papel do Cenário de Aprendizagem na prática matemática?

- (a) Como se caracteriza a prática emergente da implementação de um cenário de aprendizagem com um *design* assente numa metodologia de projeto?
- (b) Quais os contributos do desenvolvimento de cenários de aprendizagem conjuntos no 1.º CEB, envolvendo alunos de turmas de diferentes níveis de escolaridade?
- (c) Qual a relação entre a aprendizagem realizada nas diferentes práticas nas quais os alunos participaram no decurso do projeto com robots?
- (d) Qual a importância dos motivos e dos objetos que mobilizam a atividade coletiva desenvolvida pela implementação do cenário, entendidos sob o ponto de vista dos diferentes atores?
- (e) Qual a importância da existência de um empreendimento conjunto na aprendizagem?

3. Que oportunidades são criadas a nível da aprendizagem da matemática quando são utilizados robots num cenário de aprendizagem?

- (a) Como é que os robots estruturam a participação e a atividade matemática dos alunos?
- (b) Qual o papel dos robots para a reificação e negociação de significados matemáticos?
- (c) Qual o papel dos robots como artefactos mediadores da aprendizagem matemática dos alunos?

Com o propósito de discutir o fenómeno em estudo, foi *desenhado* um cenário de aprendizagem, envolvendo duas turmas do 1.º CEB (2.º e 3.º anos de escolaridade) da mesma escola (no Funchal), trabalhando conjuntamente com robots (24 e 16 alunos, respetivamente).

Na primeira parte deste capítulo, apresenta-se, caracteriza-se e justifica-se as opções metodológicas adotadas no presente estudo, sendo estabelecido um paralelismo entre a natureza do fenómeno em estudo e o campo teórico utilizado. Na segunda parte, descrevemos a visão adotada de cenários de aprendizagem e apresentamos o cenário de aprendizagem construído e implementado na presente investigação.

4.1. Metodologia da Investigação

A investigação como processo rigoroso de descrever e compreender a realidade exige-nos um conhecimento o mais aprofundado possível dos métodos e técnicas que a permitem realizar. Como ponto de partida para este entendimento, importa distinguir dois aspetos essenciais: o enquadramento filosófico e o paradigma de investigação.

Campbell (1998) define paradigma de investigação como sendo o conjunto de teorias e métodos através dos quais se obtém conhecimento acerca de determinados fenómenos. O enquadramento filosófico, por sua vez, refere-se ao conjunto particular de perspetivas filosóficas que estão subjacentes aos paradigmas de investigação.

O enquadramento filosófico engloba as preocupações paradigmáticas com a natureza teórica do domínio dos objetos e dos meios metodológicos de abordar esses domínios, no entanto, vai mais além de forma a incluir “(...) the motivations, goals, and (often tacit) philosophical presuppositions of the researcher as well” (Campbell, 1998, p. 93).

Podemos então afirmar que o paradigma de investigação constitui as ferramentas que auxiliam a aprendizagem acerca de algo. Em contrapartida, o enquadramento filosófico subjacente está intimamente relacionado com os valores, atitudes e crenças do investigador, os meios pelos quais usa um paradigma de investigação e o modo como interpreta os resultados.

De acordo com Campbell (1998) algumas perspectivas filosóficas implicam a adoção de paradigmas de investigação específicos. O *positivismo*, por exemplo, advoga o paradigma quantitativo. De uma forma sucinta, de acordo com este enquadramento, assume-se que existe uma realidade objetiva que o investigador tem de ser capaz de interpretar de uma forma também objetiva. Neste sentido, cada fenómeno deverá ter uma e só uma interpretação. O *idealismo* (de Kant e seus sucessores), por sua vez, supõe o paradigma qualitativo. De acordo com esta perspectiva não se assume a existência de uma só interpretação (objetiva) da realidade. Considera-se que existem tantas interpretações da realidade, quanto os investigadores que a procuram compreender.

A abordagem usualmente utilizada para classificar a natureza de uma investigação em educação assenta na distinção entre os dois paradigmas de investigação atrás referidos: quantitativo e qualitativo.

O paradigma quantitativo caracteriza-se pelo recurso a uma amostra representativa do universo que constitui o objeto de estudo, sendo portanto essa amostra escolhida de uma forma criteriosa. O seu propósito, quando aplicado às ciências sociais, consiste em explicar as causas das mudanças em factos sociais, usando para esse efeito “(...) statistical techniques for identification of causal relationships” (Campbell, 1998, p. 105). A formulação e teste de hipóteses constituem características das investigações de carácter quantitativo.

No paradigma de investigação qualitativo, o propósito central é a compreensão dos fenómenos sociais a partir das perspectivas dos participantes envolvidos (Bogdan & Biklen, 2006), sendo que o investigador deverá estar imerso no fenómeno em estudo de forma a conseguir, tanto quanto possível, perceber essas mesmas perspectivas.

Matos e Carreira (1994) sugerem que se evite a dualidade: quantitativo/qualitativo e que, em contrapartida, se fale em paradigmas de investigação positivista e interpretativo como pólos de um contínuo. Os autores consideram que, muitas das vezes, o plano metodológico subordina-se à adoção de um dado paradigma

de investigação e às opções filosóficas, e portanto, um paradigma positivista estará geralmente associado a técnicas de índole quantitativa enquanto o paradigma interpretativo estará associado a metodologias baseadas em técnicas de recolha e análise de dados de natureza qualitativa. Os dois tipos de investigação distinguem-se pela sua relação com a teoria: enquanto o paradigma positivista procura confirmar uma dada teoria, o paradigma interpretativo pretende substituir as noções científicas da explicação, previsão e controlo do paradigma positivista pela compreensão, significado e ação (Coutinho, 2005), penetrando no mundo pessoal dos sujeitos em determinado contexto social.

A presente investigação visa descrever e analisar os padrões de participação, estando os alunos envolvidos num projeto com robots, no que respeita ao desenvolvimento de competências matemáticas e à aprendizagem de conceitos matemáticos, processo este que só poderá ser cabalmente conseguido se atendermos ao significado dos diálogos, das relações estabelecidas, das ações realizadas, em suma, ao significado da prática vivida pelos participantes no estudo. Assim, atendendo à natureza do problema de investigação e ao fenómeno em estudo – a aprendizagem – a opção foi o paradigma interpretativo, tendo sido portanto utilizadas técnicas e métodos qualitativos.

Os dados foram recolhidos no local da ocorrência do fenómeno de investigação. Isto significa que a investigação foi entendida como uma forma de conhecer o mundo que se materializa fundamentalmente através dos procedimentos conhecidos como qualitativos, que entende que o conhecimento não é isento de valores, de intenção e da história de vida dos intervenientes, e muito menos das condições sócio-políticas do momento (Borba & Araújo, 2004). Neste sentido, o qualitativo engloba a ideia do subjetivo, passível de expor sensações e opiniões.

A investigação qualitativa é comumente caracterizada como sendo uma abordagem interpretativa, que envolve muita observação e procura de relações entre fenómenos estudados através do campo teórico adotado. Neste estudo procuramos desenvolver uma compreensão de um sistema de relações humanas, como por exemplo, professores e alunos usando tecnologia na sala de aula (Savenye & Robinson, 2004), sendo atribuída particular relevância ao processo e não ao produto das atividades desenvolvidas (Bogdan & Biklen, 2006).

Tomando a aprendizagem não como um atributo individual, mas como algo intrinsecamente ligado à mudança de participação do indivíduo em práticas nas quais está inserido, tornou-se importante não só ‘observar’ como também ‘participar’ nas

atividades com as quais os alunos estiveram envolvidos, no seu contexto natural. Assim, podemos considerar que o investigador foi ele próprio uma parte integrante do fenómeno que está a ser investigado.

Com efeito, numa investigação, assumir a Teoria da Aprendizagem Situada como enquadramento teórico implica assumir também um determinado posicionamento em termos metodológicos, nomeadamente assumindo que investigar é participar na constelação de práticas em que decorre a investigação (Matos & Santos, 2008). Foi esse o posicionamento da equipa de investigadores envolvidos na recolha de dados. Assim, a observação participante foi uma estratégia central enquanto fonte de recolha de informação, sendo que o desafio foi manter uma participação genuína e ser capaz de se refletir sobre ela (Matos & Santos, 2008).

Ao longo da investigação houve uma ligação muito estreita entre o fenómeno em estudo e o quadro conceptual adotado. A unidade de análise da investigação foi constituída pelas pessoas em ação nas práticas em que estiveram envolvidas, analisada numa contínua dialética entre o campo teórico adotado e as práticas observadas/vividas que enfatizaram empiricamente o problema em estudo. Assim, a presente investigação pautou-se pela existência de uma interação permanente entre o modelo teórico de referência e as estratégias metodológicas adotadas, sendo esta uma das dimensões fulcrais do processo investigativo (Aires, 2011).

A recolha de dados foi conduzindo à necessidade de um aprofundamento a nível teórico e, por sua vez, a clarificação de determinados conceitos levou a uma melhor perceção do fenómeno em estudo. Atendendo a isto, não é possível dizer em que momento se iniciou a análise dos dados, uma vez que estas duas fases, recolha e análise, foram feitas em simultâneo, tendo sido continuamente refinadas pelo investimento feito em termos teóricos, na procura de conceitos que de alguma forma interpretassem o fenómeno observado.

Ao longo das sessões foram utilizados vários instrumentos de recolha de dados. As sessões foram gravadas em áudio e vídeo, privilegiando-se o registo das interações entre os alunos. Foram utilizadas cinco máquinas de gravação áudio e vídeo, sendo que na segunda fase da recolha dos dados (momento de realização de um filme) algumas máquinas foram utilizadas pelos alunos. Esta constituiu uma interessante fonte de dados, pois permitiu ao investigador ter uma perceção acerca das interações que se desenvolveram entre alunos de diferentes grupos de trabalho.

Foram feitas transcrições dos vídeos e anotações num diário de participação nas sessões. O diário foi elaborado tendo por base tópicos registados no decorrer das sessões, e após cada uma delas foram escritas extensas notas de campo. Passado pouco tempo, essas notas e transcrições foram analisadas, no sentido de serem detetados “ (...) patterns of behaviors and events and phenomena to investigate in further observations” (Savenye & Robinson, 2004, p.1052).

Inicialmente, tanto as transcrições dos vídeos como o diário começaram por ser muito extensos. À medida que a compreensão do mundo observado se foi ampliando, fruto de uma reflexão analítica baseada no investimento feito a nível conceptual, esses registos passaram a ser mais focados.

Foram realizadas entrevistas às professoras das áreas curriculares e a alguns alunos de ambas as turmas, com o pressuposto de clarificar alguns aspetos da prática que suscitaram dúvidas ou se manifestaram insuficientes aquando da análise. Neste sentido, voltamos ao terreno e conversamos (entrevista informal) com os alunos intervenientes em episódios que nos suscitaram dúvidas aquando da análise, tendo o intuito de triangular dados provenientes de diferentes fontes de recolha (Savenye & Robinson, 2004).

Em estudos qualitativos em que o investigador assume a posição de observador participante, as entrevistas confundem-se com conversas informais, uma vez que entrevistador e entrevistado não são propriamente estranhos (Bogdan & Biklen, 2006). Assim, as entrevistas realizadas foram do tipo semiestruturado, conduzidas com base em tópicos específicos a partir dos quais se formularam as questões.

Na entrevista semiestruturada, o entrevistador tem um guião de temas, o qual serve de orientação mas que mantém um grau de flexibilidade na exploração das questões. Na presente investigação, o entrevistador pôde mudar a ordem das questões preparadas ou introduzir novas questões no decorrer da entrevista e solicitar esclarecimentos ou informação adicional aos entrevistados. As perguntas foram abertas o que permitiu ao entrevistado expandir-se para outros temas não previstos pelo entrevistador. As entrevistas semiestruturadas foram utilizadas por os pontos de vista dos sujeitos serem mais facilmente expressos numa situação de entrevista relativamente aberta do que numa entrevista estruturada ou num questionário (Flick, 2005). Procurou-se ainda nas entrevistas, que a linguagem utilizada fosse adequada à população em estudo, neste caso crianças a frequentar o 1.º CEB.

Foram ainda considerados os registos de trabalhos escritos dos alunos e as anotações das professoras das áreas curriculares das turmas envolvidas.

Atendendo ao facto de que o campo empírico desta investigação se revelou rico, extenso e, de certa forma complexo, um dos grandes desafios prendeu-se com a procura de padrões e relações que de alguma forma dessem “sentido” aos dados. Essa procura iniciou-se quando ainda os dados estavam a ser recolhidos, sendo que a recolha e análise dos dados se deu através de um processo recursivo em que o investigador procurou evidências de padrões e regularidades, definiu conjuntos de relações que conduziram ao estabelecimento de novas hipóteses e ao refinamento de algumas das hipóteses inicialmente levantadas.

No processo supracitado foi frequente existirem determinados fenómenos e episódios que numa fase inicial foram considerados de menor importância mas que posteriormente se assumiram como relevantes para a explicação de determinados pontos de vista e ações dos participantes.

Estando esta investigação inserida nas atividades do projeto de investigação DROIDE II – Os robots na educação Matemática e Informática, as discussões encetadas no grupo de investigação acerca dos aspetos teóricos e metodológicos foram um campo fértil para que o foco analítico se fosse apurando e diferentes hipóteses fossem sendo levantadas. Com base nos dados recolhidos, procurou-se analisar os diferentes níveis de participação desta comunidade (professoras e alunos), caracterizando a relação dos intervenientes com os robots (artefactos mediadores), salientando os padrões de participação que emergiram de, e na, atividade coletiva decorrente da implementação do cenário de aprendizagem. Podemos assim afirmar que o principal foco de análise foi a forma como a participação moldou a prática, levando à produção de significado a partir do engajamento com o mundo.

Ao longo do tempo, alguns aspetos foram-se assumindo como relevantes e merecedores de uma especial atenção em termos analíticos. Referimo-nos, nomeadamente, aos objetos que mobilizaram a atividade coletiva, entendidos sob o ponto de vista dos vários envolvidos (alunos, professoras e investigadoras), ao papel assumido pelas ferramentas (físicas e conceptuais) na negociação de significados nesta prática, às regras que padronizaram as ações levadas a cabo pelos intervenientes, ao regime de competência, ao empreendimento conjunto e ao reportório partilhado emergente da implementação do cenário de aprendizagem.

Relativamente aos princípios éticos adotados no presente estudo, a primeira preocupação relacionou-se com o consentimento informado de todos os intervenientes. De acordo com Ryen (2004) cit in (Silverman, 2011) esse consentimento “(...) means that research subjects have the right to know that they are being researched, the right to be informed about the nature of the research and the right to withdraw at any time” (p. 97). O modo como se processou a informação e esse consentimento diferiu entre as professoras e os alunos participantes já que no primeiro caso, tal foi feito oralmente, e no segundo caso, por escrito.

No que respeita à Direção da Escola, esta deu autorização, por via oral, para a entrada livre na escola dos investigadores, bem como o acesso aos vários espaços físicos (salas de aula, refeitório e pátio adjacente). Existiu a preocupação, em ambos os anos letivos correspondentes à recolha de dados, de informar, por escrito, os encarregados de educação de todos os alunos das duas turmas, dos objetivos do estudo, bem como dos processos metodológicos e procedimentos a adotar, antes de iniciar a recolha. Pedimos também autorização aos mesmos para proceder à recolha de dados, tendo recolhido as suas assinaturas (Anexo 1).

Com o objetivo de observar os princípios éticos de anonimato dos alunos participantes no estudo, foram utilizadas partes dos seus nomes (p.e. **Rau**) para os identificarmos em transcrições e subsequente análise de episódios.

Todos os dados obtidos serviram unicamente os propósitos da investigação, tendo sido observado para todos eles o princípio de confidencialidade.

4.2. O Cenário de Aprendizagem: Uma História com Robots

O planeamento é a principal ferramenta de trabalho do professor, podemos até arriscar em afirmar que é o fio condutor da ação educativa. Pensar em cenários de aprendizagem é algo que o professor faz na sua prática docente, uma vez que no planeamento que faz das suas aulas procura antecipar um conjunto de atividades a serem implementadas com os seus alunos, de modo a fomentar a aprendizagem dos mesmos.

No planeamento que faz da sua prática docente um professor procura equacionar os elementos mais relevantes para que a aprendizagem ocorra, no entanto, esta não deixa de depender

“ (...) do contexto social e organizacional em que se realiza a aprendizagem, dos conhecimentos e competências que pretende que os seus alunos adquiram num dado domínio, das metodologias e das estratégias que poderá adotar no trabalho com os alunos, das motivações que deseja criar e sustentar nos alunos, dos recursos que mobiliza e que integra nas práticas e do modelo de avaliação que adota.” (Matos, 2013, p.48)

Com efeito, a planificação de experiências educativas é um processo complexo no qual é preciso considerar inúmeras vertentes ao nível do desenho pedagógico, levando em linha de conta os intervenientes, a natureza das atividades de aprendizagem propostas, os recursos pedagógicos utilizados e os objetivos de aprendizagem que se pretendem atingir.

A ponderação destes elementos está particularmente relacionada com a criação (ou *design*) de cenários de aprendizagem, nomeadamente com a ideia avançada por Carroll (1999), para quem cenários são “(...) stories about people and their activities.” (p. 2).

Os cenários têm como elementos característicos: um contexto, um enredo que inclui sequências de ações e eventos a serem desenvolvidos, os atores com seus motivos pessoais, conhecimentos e capacidades, as ferramentas e objetos que os atores irão encontrar e manipular e as finalidades ou objetivos do cenário, que correspondem a mudanças a atingir com a implementação do mesmo (Carroll, 1999; Rosson & Carroll, 2002). Neste sentido, a narrativa da história é escrita com o intuito de evocar uma imagem de pessoas fazendo coisas, perseguindo metas, utilizando recursos, muitas vezes tecnológicos, para atingir essas metas.

Na área da educação, tornou-se frequente a utilização de cenários em que a componente tecnológica surge ligada às componentes pedagógica e científica. No entanto, é importante salientar que o recurso a cenários de aprendizagem não é exclusivo do contexto educacional.

Os cenários de aprendizagem constituem um recurso estratégico usado em muitas outras áreas, nomeadamente como ferramenta de apoio à tomada de decisões no tecido empresarial (Corrêa, 2011; Schoemaker, 1995), ou ainda, na projeção de projetos comunitários de gestão de recursos ambientais (Wollenberg, Edmunds & Buck, 2000).

O *design* de cenários tem-se assumido ainda como uma ferramenta importante quando se pretende criar e compreender sistemas computacionais e aplicações informáticas “(...) as artifacts of human activity – as things to learn from, as tools to use in one’s work, as media for interacting with other people” (Carroll, 1999, p.1). Neste

contexto, os cenários de aprendizagem são definidos como o ambiente no qual se irá realizar o processo de ensino/aprendizagem quando se utiliza este tipo de recursos tecnológicos e são compostos por um conjunto de elementos que descrevem o contexto em que se desenrola esse processo. Consiste, assim, na descrição de uma situação futura.

De acordo com Wollenberg et al. (2000) existem três etapas fulcrais no *design* de um qualquer cenário. A primeira refere-se à especificação do propósito do cenário (porquê e para quê?), a segunda à escolha dos participantes (quem são e quais os seus papéis?) e a terceira à seleção da abordagem de cenário mais adequada (contexto e ambiente?), atendendo ao propósito do mesmo.

Uma vez que a presente investigação pretende compreender quais os contributos da introdução de um artefacto tecnológico – robot – para o desenvolvimento de competências e para a aprendizagem de conceitos matemáticos em contexto escolar (1.º ciclo), pareceu-nos que a criação de um cenário de aprendizagem em que se projeta a utilização desta ferramenta seria um importante contributo ao nosso propósito.

Quanto à seleção dos participantes, estávamos particularmente interessados em implementar o cenário com duas turmas do 1.º Ciclo, a trabalharem conjuntamente com robots. As considerações subjacentes à seleção das mesmas estarão mais especificadas na subsecção onde caracterizamos os atores do cenário e os seus papéis.

Atendendo ao problema central da presente investigação, ao fenómeno em estudo e à forma como este é entendido à luz do enquadramento teórico de referência, considerou-se que, de entre as diferentes abordagens para a criação de cenários apresentadas por Wollenberg et al. (2000), um “Pathway Scenario” seria a mais adequada.

A principal característica de uma abordagem utilizando “Pathway scenario”, em contraste com outras abordagens avançadas pelos autores supra citados, prende-se com a natureza das experiências de aprendizagem propostas. De acordo com esta abordagem o cenário envolve atividades ‘abertas’ onde o principal intuito é envolver os participantes na resolução de problemas com os quais se vão deparando na implementação do cenário, com vista alcançarem um determinado objetivo e que, durante o processo, consigam encontrar estratégias para lidar com os constrangimentos e oportunidades vividas.

Os autores sugerem alguns passos a considerar no *design* do cenário, quando se adota a abordagem acima descrita:

- Criar um “*vision scenario*”; [Um “*vision scenario*” é uma abordagem que permite aos envolvidos articularem as suas expectativas com a implementação do cenário, fomentar a tomada de consciência acerca dessas expectativas e procurar que os envolvidos acreditem que é possível alcançá-las.]
- Pedir aos participantes a caracterização e seleção dos recursos a serem utilizados para fazer cumprir as suas expectativas, a identificação dos papéis dos atores envolvidos, bem como possíveis eventos e relações existentes entre estes;
- Fomentar a discussão, em pequenos grupos e/ou no grande grupo de participantes, acerca de possíveis estratégias que lhes permitam passar do presente para o futuro, comparando o presente com o futuro desejável, isto é, com a meta a atingir com a implementação do cenário;
- Promover a reflexão conjunta acerca das diferentes estratégias apresentadas, de modo a serem produzidos pontos de ação e tomada de decisões conjuntas.

Tendo por base os pressupostos anteriores, a construção do cenário de aprendizagem subjacente à presente investigação foi um processo conjunto entre a equipa de investigação, as professoras de ambas as turmas e os alunos.

Numa primeira fase, a equipa de investigação reuniu com as professoras das áreas curriculares e apresentou ‘um esqueleto’ do cenário de aprendizagem a implementar.

Nesta primeira reunião, bem como ao longo da implementação do cenário, foi aberto espaço para que as professoras pudessem expressar as suas opiniões. Contrariamente ao esperado, as preocupações manifestadas nesta fase inicial não se relacionaram com o ‘cumprimento do programa’, com o número de aulas que seriam dedicadas ao desenvolvimento do projeto ou com a ‘confusão’ inerente ao trabalho com 40 alunos. As ansiedades prenderam-se com o facto de desconhecerem por completo os robots que iriam ser utilizados. Procurou-se tranquilizar as professoras, salientando que para o desenvolvimento do projeto não seria comprometedor o facto de não conhecerem nem estarem familiarizadas com os robots.

Foram mostrados alguns robots construídos, e do diálogo estabelecido a ideia central do projeto surgiu. Iria ser proposto aos alunos que construísem robots e que escrevessem uma história, na qual os robots construídos fossem personagens. Depois, os robots seriam programados, de modo a dramatizarem a história escrita. Assim, a ideia

central do cenário seria a escrita e consequente dramatização de uma história, na qual as personagens fossem robots construídos pelos alunos⁹.

A ideia central do cenário foi apresentada aos alunos, tendo sido dada oportunidade para que estes pudessem intervir na criação do cenário de aprendizagem, possibilitando-lhes fazerem opções (que não foram de importância menor nem para eles nem para o desenvolvimento do projeto), opinarem e procederem a ajustes que considerassem pertinentes à concretização do projeto em curso.

Na criação conjunta do cenário de aprendizagem não foram delineados quais os conteúdos programáticos que iriam ser abordados. Optou-se por apresentar um grande tema (neste caso a escrita de uma história com robots), acreditando que a aprendizagem iria emergir do envolvimento dos alunos no trabalho desenvolvido. No entanto, na primeira reunião com as professoras, foi notório que estas começaram, desde logo, a reconhecer potencial na ideia central do projeto. Sentimento partilhado pela equipa de investigação.

Apesar de os conteúdos programáticos não terem sido o mote para as atividades desenvolvidas, existiu uma intencionalidade partilhada pelos membros do DROIDE II e pelas professoras de ambas as turmas, em procurar durante o trabalho desenvolvido tirar partido dos momentos em que a inclusão dos conteúdos fosse significativa e/ou estes emergissem das atividades em curso.

4.2.1. Os atores (Quem são e quais os seus papéis?)

Para desenvolver o projeto subjacente a esta investigação, foram escolhidas duas turmas do 1.º CEB – 2.º e 3.º ano de escolaridade. O propósito inicial consistiu em encontrar duas turmas de uma mesma escola, cujos professores se propusessem a trabalhar conjuntamente, numa dinâmica de trabalho de projeto. Considerou-se esta metodologia de trabalho importante na medida em que os alunos desenvolvem habilidades de pesquisa colaborativa e de utilização de conceitos e métodos para resolverem problemas (Greeno & Middle School Mathematics Through Applications Project (MMAp), 1998). Claro que este aspeto implicou considerar algumas variantes. Uma delas prendeu-se com o facto de os professores envolvidos terem que estar familiarizados com a metodologia subjacente ao trabalho de projeto.

⁹ A primeira versão do cenário pode ser consultada em anexo (Anexo 2) e também na página: <http://www.cee.uma.pt/droide2/ebook/index.html>.

Ambas as professoras convidadas frequentaram o projeto de formação contínua em Matemática – CEM¹⁰ Construindo o Êxito em Matemática (Fernandes, 2014; Fernandes et al., 2007), tendo como formadores alguns dos elementos da equipa de investigação do DROIDE II, incluindo a investigadora deste estudo. Na referida formação implementaram propostas de trabalho nas suas aulas que apelaram a um papel ativo dos alunos na construção dos seus conhecimentos, privilegiando dinâmicas de trabalho em grupo e a utilização de materiais didáticos manipulativos.

Nas reuniões de formação do projeto CEM envolveram-se de uma forma muito interventiva e consciente em discussões relacionadas com questões ligadas ao ensino e aprendizagem.

Outro aspeto a salientar é o facto de a professora do 3.º ano de escolaridade ser membro do movimento escola moderna – MEM – uma associação de professores e outros profissionais da educação, onde os sócios reúnem para partilhar e refletir acerca das suas práticas e produzirem saberes e materiais de apoio didático-pedagógico, integrados nos seus projetos de autoformação cooperada, que realizam em grupos de trabalho cooperativo.

Segundo o MEM, os alunos devem responsabilizar-se por colaborar com os professores no planeamento das atividades curriculares, por se interajudarem nas aprendizagens que decorrem de projetos de estudo, de investigação e de intervenção e por participarem na sua avaliação.

O papel das professoras no desenvolvimento do projeto com robots seria o de apoiar os alunos nas atividades desenvolvidas. Nenhuma das duas professoras convidadas para o projeto havia tido, anteriormente, qualquer tipo de contacto com os robots. À semelhança dos seus alunos nunca tinham construído nem programado um robot.

A turma do 2.º ano era composta por 24 alunos: 10 raparigas e 14 rapazes. A professora da turma caracterizou o grupo como sendo muito heterogéneo, no sentido em que os alunos apresentavam, em diferentes situações, níveis de maturidade e autonomia muito distintos. Acrescentou que os alunos eram muito dinâmicos, que gostavam da escola, manifestando uma preferência especial pela matemática e pelo estudo do meio.

¹⁰ O posicionamento da investigadora enquanto formadora do projeto CEM, foi discutido na Introdução deste trabalho.

Em relação ao domínio da matemática, a professora do 2.º ano referiu que a maioria dos alunos “aprendeu a importância do saber pensar e da estimativa ao efetuar qualquer tipo de cálculo, na resolução de situações problemáticas”.

A turma de 3.º ano, era constituída por 16 alunos: 10 raparigas e 6 rapazes, na faixa etária 7/8 anos. Segundo a professora da turma, o grupo de alunos era interessado e empenhado no trabalho realizado na escola. Gostavam de se envolver na planificação e realização das atividades e trabalhavam em cooperação, tendo, de uma maneira geral, um bom sentido de grupo.

A professora do 3.º ano referiu que a turma, em geral, apresentava um bom aproveitamento em todas as áreas curriculares, na medida em que todos os alunos apresentavam progressos nas suas aprendizagens, sendo respeitados nos seus ritmos de trabalho, nas suas dificuldades e potencialidades.

Em ambas as turmas os alunos estavam habituados a utilizar materiais manipuláveis. A dinâmica em trabalho de grupo era frequente, essencialmente na turma de 3.º ano onde os grupos de alunos estavam habituados a fazer pesquisas relacionadas com temas abordados na sala de aula, para depois partilharem com toda a turma. Desta forma, já existiam normas subjacentes a esta dinâmica de trabalho que estavam subentendidas nas suas formas de atuar, no entanto, em nenhum outro projeto, os alunos tiveram oportunidade de trabalhar com colegas de outra turma. O projeto com robots seria o momento em os que alunos de ambas as turmas teriam de trabalhar conjuntamente, reformulando e reajustando as suas formas de atuar bem como normas anteriormente definidas.

O papel dos alunos no cenário que aqui se descreve foi muito ativo, no sentido em que as opções tomadas em termos de *design* e implementação do cenário foram resultantes de discussões e reflexões conjuntas, onde os alunos tiveram oportunidade de discutir e executar estratégias e coordenar ações de modo a atingirem os objetivos conjuntamente delineados.

No que diz respeito à equipa de investigação do DROIDE II foram cinco os elementos da equipa de investigação envolvidos na recolha de dados. A equipa era multidisciplinar uma vez que a formação inicial dos investigadores envolvidos era distinta, variando entre o ensino da matemática e o ensino da informática.

As funções assumidas pelos membros da equipa do projeto envolvidos estiveram intrinsecamente relacionadas com as suas áreas de formação/especialização e com as

necessidades/intenções manifestadas por uns e outros no decurso da implementação do cenário de aprendizagem construído conjuntamente.

Os membros ligados à educação matemática procuraram tirar proveito de situações em que pudessem emergir conceitos e procedimentos matemáticos. Neste sentido, e tendo por base essa intenção, assumiram uma postura de questionamento face ao trabalho dos alunos e das professoras, na prática em curso com os robots.

Os membros ligados à informática procuraram operacionalizar as intenções dos anteriores, fazendo uso do conhecimento das potencialidades e das limitações dos artefactos utilizados (robots e programação).

4.2.2. Contexto/Ambiente

O projeto foi desenvolvido com duas turmas de uma escola situada no seio da cidade do Funchal, capital da ilha da Madeira – Portugal. É um colégio privado que leciona, desde 1978, unicamente o 1.º CEB.

A escola tem apenas quatro turmas, uma de cada ano de escolaridade do 1.º Ciclo. Os intervalos para recreios e refeições são comuns e os espaços físicos destinados ao efeito também, o que proporciona a que os alunos das diferentes turmas tenham oportunidade de interagir.

O edifício onde está implantada a escola consiste no andar térreo de uma casa antiga e de construções anexas à mesma. Apesar de a escola estar situada num contexto citadino, possui características que permitem aos alunos desfrutarem de um espaço muito familiar. As salas de aula não são muito amplas o que implica que os alunos trabalhem frequentemente aos pares, em grupos ou numa disposição em “U”.

Os alunos têm atividades letivas entre as 9h:00m e as 15h:30m, com um intervalo durante a manhã, de 30 minutos, e pausa de 1,5 h para almoço. Alguns alunos saem da escola para almoçarem com os pais, sendo um restaurante próximo à escola, um ponto de encontro frequente para pais e alunos.

O corpo docente não é muito grande – 10 professores. Pelo facto de só existirem 4 turmas, são 4 as professoras que lecionam as áreas curriculares, o que propicia a planificação conjunta de atividades letivas e extracurriculares.

No desenvolvimento do projeto com robots pretendeu-se que os alunos trabalhassem numa dinâmica de trabalho de grupo. Numa primeira fase, os grupos de trabalho foram constituídos por 4 alunos, escolhidos aleatoriamente, prevalecendo, no

entanto, o facto de serem formados por alunos de ambas as turmas. Ao longo da implementação do cenário foi dada liberdade para que os grupos de trabalho se fossem alterando, de acordo com as preferências dos alunos.

As sessões de trabalho conjunto foram realizadas no refeitório (por ser uma sala grande) e no pátio exterior ao refeitório (onde os alunos experimentavam a programação dos robots). Nestas sessões estiveram presentes as professoras das áreas curriculares de ambas as turmas, os alunos de ambas as turmas, os membros da equipa do projeto envolvidos na recolha de dados e, numa fase inicial, a professora de Informática das turmas que se mostrou interessada em participar no projeto

Apesar do projeto ser desenvolvido num ambiente (físico e social) exterior à sala de aula, foi intenção das professoras e equipa de investigação que existissem conexões com o que estava a ser desenvolvido na sala de aula, possibilitando que muitas aulas fossem “prolongamentos” do trabalho desenvolvido no projeto com robots.

4.2.3. Recursos (Os Robots)

Numa fase inicial os alunos contactaram com robots construídos com kits da Lego® Mindstorms™ e com PicoCrickets, robots da PICO – Playful Invention Company. O kit PicoCricket possui muitas semelhanças com os kits de robótica da Lego, no entanto, está projetado, particularmente, para a construção de criações artísticas.

O PicoCricket é um pequeno computador, ao qual podem ser ligados motores, sensores (de resistência, de som, de luz e de toque) e outros dispositivos (luzes coloridas, caixa de som, mostrador de números).

Preferencialmente os alunos optaram por construir robots usando os kits de robótica da Lego® Mindstorms™, lançados em 1998 e em 2006, com a utilização dos cérebros RCX (Robotics Command Explorer), e NXT, respetivamente.

Em 1998 foi lançado pela Lego o primeiro kit de robótica escolar, constituído por 718 peças. O kit inclui dois tipos de peças: um conjunto de peças técnicas (eixos, rodas, rodas dentadas, conectores, elásticos e cabos) e um conjunto de peças específicas, responsáveis pelo desenvolvimento dos robots (o cérebro RCX, dois motores, dois sensores de toque, um sensor de luz, uma torre de transmissão de infravermelhos – porta USB, um manual e um CD-ROM com o software de programação Robotics Invention System™ 2.0).

Em 2006 o sistema foi atualizado e a Lego® Mindstorms Education TM lançou novo kit, cujo cérebro é o NXT.

Aos cérebros RCX e NXT podem-se ligar até 3 motores nas portas A, B e C, usando cabos específicos para o efeito. Os motores são usados pelos robots para se deslocarem, para mover, “braços” ou noutra estrutura que se pretenda produzir movimento. Os motores são a fonte principal de energia do robot, uma vez que a sua função é transformar energia elétrica em energia mecânica.

Existem basicamente quatro tipos de sensores que podem ser ligados a uma das três portas do RCX: sensor de luz, de toque, de rotação e sensor de temperatura. No caso do NXT, existem quatro portas de entrada para ligação dos sensores. Os sensores disponíveis são: de cor, de toque, ultrasónico, de rotação (incorporado no motor), de luz e de som.

Em qualquer um dos modelos, RCX ou NXT, o ambiente de programação consiste numa aplicação muito intuitiva, que permite programar arrastando blocos de código para a área do programa. Uma vez que a programação é feita de uma forma visual, evita-se erros de sintaxe. Por esta particularidade, constituem uma ferramenta muito indicada para alunos que não possuam grandes conhecimentos de programação.

Os blocos utilizados estão em inglês, no entanto, ambos os ambientes de programação permitem criar blocos personalizados, relativamente à linguagem e à ação que desempenham. Além disso, no caso do RCX, é possível, na estrutura de ficheiros da aplicação, aceder à biblioteca da linguagem e traduzir quase na totalidade a aplicação. Apesar das potencialidades descritas decidiu-se, na experiência relatada, manter a linguagem original.

Para enviar os programas do computador para o cérebro RCX, é necessário ligar ao computador, via porta USB, uma torre de infravermelhos. É esta torre que envia para o recetor de infravermelhos existente no RCX toda a informação. Toda a comunicação entre o computador e o RCX é efetuada via infravermelhos, utilizando o emissor/recetor presente no RCX e na torre. As comunicações entre a torre de infravermelhos e o RCX estão sujeitas às limitações da tecnologia dos infravermelhos, pelo que a presença de um obstáculo opaco entre o emissor e o recetor pode comprometer a comunicação. Relativamente ao NXT a informação entre o cérebro e computador é feita através de um cabo USB ou de uma conexão de wireless *bluetooth*.

No final de 2009 a Lego interrompeu o apoio direto aos utilizadores do RCX, no entanto, o apoio continua a ser prestado pelo Tufts University’s Center for Engineering

Educational Outreach, através de um site, em nome da Lego, onde pode-se aceder a downloads, ferramentas, suporte técnico e muitas propostas de trabalho para serem desenvolvidas com alunos.

4.2.4. Enredo e Sequência das atividades - Ano 1: Uma história com robots

A implementação do cenário de aprendizagem decorreu em dois momentos, aos quais denominaremos de Ano 1 e Ano 2, respetivamente. O primeiro decorreu entre maio e julho de 2011 (8 sessões conjuntas, usualmente às quintas feiras, com a duração de uma hora e meia) e o segundo entre abril e julho de 2012 (17 sessões conjuntas de uma hora e meia, em diferentes dias da semana)¹¹.

No início de maio de 2011, foram formados dez grupos de trabalho heterogéneos, constituídos por 4 alunos de ambas as turmas. As professoras das áreas curriculares tomaram a iniciativa de proceder à formação dos grupos, antes da primeira sessão presencial dos investigadores.

A formação dos grupos de trabalho teve por base a realização de um jogo, com o intuito de os alunos, de ambas as turmas, se conhecerem melhor. Foram criados, pelos alunos do 3.º ano, pares de figuras simétricas. Os pares de figuras foram divididos de modo que, num conjunto ficou uma parte da figura e, no outro, a sua parte simétrica. Cada um dos alunos, de ambas as turmas, retirou aleatoriamente uma das partes simétricas das figuras. Após cada aluno, de 2.º ano, descobrir qual o aluno, de 3.º ano, que tinha a parte simétrica da sua figura, entrevistou-o.

Os alunos de 2.º ano criaram o guião da entrevista aproveitando a oportunidade para trabalhar a criação deste tipo de texto. Como alguns alunos não sabiam como esta era feita, os colegas explicaram que às vezes, numa entrevista, o entrevistador utiliza um microfone e faz perguntas a outra pessoa. Referiram ainda que as perguntas vão sendo colocadas e respondidas alternadamente. Curiosamente, no momento de realização das entrevistas aos alunos de 3.º ano, alguns alunos, do 2.º ano, simularam a utilização de um microfone. Após a formação dos grupos, iniciaram-se as sessões de trabalho conjunto.

¹¹ O número de sessões apresentado refere-se apenas às sessões conjuntas, isto é, àquelas em que as duas turmas estiveram a trabalhar conjuntamente no refeitório e pátio contíguo. Além destas sessões, a investigadora acompanhou aulas de expressão plástica e algumas aulas das turmas, em que existiu um “prolongamento” do estudo de conceitos matemáticos emergentes da prática com os robots.

Na primeira sessão conjunta, a 19 de maio de 2011, começou-se por apresentar os membros do projeto e os alunos também se apresentaram. Esta sessão de trabalho teve como principal objetivo a compreensão, por parte dos alunos, da diferença entre um artefacto que é robot, e um que não o é, e que construíssem uma ideia partilhada de robot.

Por considerarmos que para a grande maioria de nós, um robot apresenta uma forma humana, algumas limitações a nível de locomoção e muito pouca autonomia, procurou-se indagar quais as conceções dos alunos acerca de um robot, nomeadamente, o que o caracteriza, que materiais são usados na sua construção, se têm ou não sentimentos e se são inteligentes ou não.

Como enquadramento ao tema, e com o intuito de fomentar a discussão conjunta, os alunos visionaram o vídeo correspondente ao trailer do filme do Wall-E (robot protagonista de um filme de animação). Posteriormente, foi pedido aos alunos que desenhassem o que, para eles, representava um robot e que escrevessem uma frase acerca do seu robot. Os trabalhos foram apresentados no grande grupo.

Os alunos tiveram à sua disposição artefactos construídos com peças Lego, sendo que uns eram robots e outros não. As construções disponíveis foram: Robots com cérebros RCX (3 carrinhos de diferentes modelos e 1 Androbot); Robots com cérebros NXT (1 aranha, 1 cão, 1 dinossauro e 1 humanoide); Robots construídos com kit PicoCricket (1 Up and Down, 1 Spinner e 1 baloiço) e não robots (2 balanças e peças Lego para serem pesadas; 2 carros e 1 moto).

Um elemento de cada grupo dirigiu-se à mesa, onde estavam as várias construções, e escolheu uma para levar para o seu grupo. No grupo, a construção foi analisada com o propósito de perceberem se o artefacto era um robot ou não.

Foi dada a oportunidade aos grupos de explorarem outras construções Lego que não a sua, trocando com outro grupo ou escolhendo outra, das que ainda não tinham sido escolhidas. Posteriormente os alunos apresentaram as suas conclusões ao grande grupo. A discussão foi fomentada no sentido de descobrirem e discutirem quais os atributos que transformam um artefacto em robot, construindo uma ideia partilhada do que é um robot.

No dia 26 de maio, pretendeu-se, que os alunos se familiarizassem com as peças utilizadas na montagem de robots e que montassem robots seguindo instruções.

Com intuito de os alunos se familiarizarem com as peças, foram apresentados os diferentes motores, cérebros e sensores disponíveis para as construções Lego. Foi explicado como ligar os sensores e os motores ao cérebro do robot e que portas utilizar.

Foram levados Kits de montagem de robots (RCX, NXT e PicoCriket), em número superior ao necessário, permitindo opção de escolha, por parte dos grupos de trabalho, e instruções de montagem dos mesmos. Os Kits foram relativos a robots de várias categorias (veículos, animais, humanoides, estruturas que produzem movimento) de acordo com o solicitado pelos alunos.

Como os alunos/grupos têm ritmos de trabalho diferentes e o nível de dificuldade de construção dos robots não foi o mesmo, a partir desta sessão os diferentes grupos assumiram tarefas distintas. Assim sendo, nas sessões seguintes à medida que os grupos de trabalho terminaram a montagem dos robots, iniciaram a sua programação, utilizando o respetivo software.

A 2 de junho de 2011, todos os grupos já tinham o seu robot construído. Nesse dia foi solicitado aos grupos que elaborassem um pequeno texto onde deveriam descrever as características físicas e emocionais dos seus robots. Os textos foram apresentados no grande grupo para todos os alunos terem a oportunidade de se familiarizar com os robots construídos e conhecerem as suas características.

Nesta sessão os alunos foram informados que os robots criados pelos diferentes grupos de trabalho representariam o papel de personagens numa história criada conjuntamente. Assim, após a apresentação dos robots, os alunos escolheram quais seriam as personagens principais da história, estabeleceram as relações de parentesco e amizade entre diferentes personagens e negociaram qual o enredo principal.

A 7 de julho, os vários grupos tiveram oportunidade de programar o seu robot e a escrita da história foi iniciada pelo grupo que tinha construído uma das personagens principais. A história foi passando, ao longo das sessões seguintes, pelos outros grupos para a irem completando.

A 21 de julho foi feita uma síntese do trabalho realizado até esse momento e estabelecida nova divisão de tarefas. De acordo com as preferências dos alunos, puderam optar se queriam continuar com a programação e teste dos robots ou com a escrita da história.

O grupo responsável pela continuação da história, fê-lo, juntamente com a professora do 2.º ano, numa sala junto ao pátio do refeitório. Os restantes alunos

continuaram programando os seus robots, no refeitório da escola, testando a programação nesse mesmo pátio.

Entre 21 e 27 de julho, as alunas de 2.º e de 3.º ano que tinham ficado responsáveis pela escrita da história continuaram com essa tarefa, em conjunto com a professora do 3.º ano. A sessão de 27 de julho iniciou-se, no pátio principal da escola, com a leitura da história, por 5 alunas do 2.º e 3.º ano. Estas alunas foram as que fizeram parte da escrita final da história e, neste dia, foram lendo à vez, para apresentar o resultado final aos seus colegas, às professoras e aos investigadores.

Após a leitura da história, de volta ao refeitório, os alunos continuaram com a programação dos robots.

No final foi feita uma discussão no grande grupo acerca de todo o trabalho realizado. Foi questionado aos alunos acerca do que gostariam, ou não, de fazer. Foi sugerido que apresentassem sugestões para a continuidade do projeto. Os alunos manifestaram interesse em continuar com o projeto no ano letivo seguinte.

4.2.5. Enredo e Sequência das atividades - Ano 2: A realização de um filme

Na segunda fase de implementação do cenário (ano letivo 2011/2012), as sessões iniciaram-se em abril e terminaram em julho de 2012.

Para a primeira sessão, a 20 de abril de 2012, preparamos uma apresentação em formato PowerPoint com alguns tópicos acerca do trabalho realizado no ano anterior. Para esta primeira sessão tínhamos alguns objetivos: i) partilhar com os alunos a forma como o trabalho deles estava a ser divulgado entre a comunidade científica em Educação Matemática; ii) aferir as perceções dos alunos acerca da experiência realizada; iii) integrar os alunos ‘novos’ no trabalho realizado anteriormente; iv) decidir o que iria ser feito neste segundo ano, nomeadamente como seria feita a dramatização da história.

Numa linguagem entendível aos alunos, procurou-se dar a conhecer alguma da produção científica do Projeto DROIDE II, relacionada com a experiência em que estiveram envolvidos. Os alunos ficaram muito satisfeitos e sentiram-se valorizados ao saber que tinham sido escritos artigos científicos e os investigadores tinham participado em congressos nacionais e internacionais, onde a experiência por eles vivida tinha sido partilhada e discutida.

Como referido anteriormente, esta sessão tinha também como propósito delinear como seria concretizada a dramatização da história. A turma de 3.º ano, 2.º ano em 2011, estava a construir uma maquete de uma cidade, de maneira a contemplar o estudo de conteúdos de várias áreas disciplinares. Aproveitando esse recurso, foi proposto a produção de um filme, sendo a maquete usada como cenário para o mesmo. Assim, foi estabelecido que nas aulas de expressão plástica de cada uma das turmas seriam construídos a maquete, os cenários para o filme e os adereços necessários.

Durante a segunda fase de implementação do cenário procurámos acompanhar as aulas de expressão plástica, de modo a auxiliar nas tarefas desenvolvidas e também para termos uma melhor perceção da forma como os alunos comunicavam aos professores de expressão plástica o entendimento que faziam de como a história ganharia vida através de um filme.

Na sessão conjunta seguinte foram estabelecidas novas tarefas. Para a produção do filme, os alunos consideraram necessário a criação das seguintes equipas: realização, montagem, filmagem, som, programação dos robots NXT, programação dos robots RCX, vozes e iluminação. Quando criaram as equipas, delinearão as tarefas de cada uma.

Os alunos escolheram em qual (ou quais) as equipas que queriam pertencer. As opções foram feitas de acordo com as suas preferências, mas também tendo em conta a equipa na qual poderiam dar um melhor contributo, em consonância com o que era considerado como relevante e pertinente para a execução do seu grande objetivo – dramatizar a história.

Após estarem definidas as equipas, a equipa de realização iniciou a escrita do argumento do filme, tendo por base a história. Assim, começaram por criar um documento (em formato *word*) onde a história foi ‘transformada’ em cenas.

A partir deste momento foram criados planos de trabalho para as sessões posteriores, sendo que nem todas as equipas estariam a trabalhar ao mesmo tempo numa determinada sessão, mas iam sendo chamadas quando necessário. Existiram alunos da equipa de realização que ficaram encarregues de fazer a “ponte” entre as equipas. As sessões deixaram de ser feitas com todos os alunos ao mesmo tempo. O trabalho passou a ser feito por diferentes equipas, em diferentes momentos.

Com o intuito de terem os recursos necessários, os alunos das equipas de programação traziam os seus computadores pessoais ou contactavam colegas de outras equipas para que lhes emprestassem os seus. A equipa das vozes começou por sua

iniciativa a gravar as vozes com recurso a um telemóvel. Uma aluna trouxe uma camara de vídeo para que a equipa de filmagem a pudesse utilizar.

No final do ano letivo 2011/2012 o filme estava pronto mas é claro que os alunos das diferentes equipas desconheciam o produto final. A equipa de montagem do filme tinha tido a tarefa de compilar o que as equipas de filmagem e de som lhes tinham fornecido. Dos restantes, nem todos sabiam que música tinha sido escolhida para banda sonora, como soavam as vozes dos robots, como tinha corrido o trabalho de colocar os ficheiros de som com as vozes a coincidir com os de imagem seleccionados, que cortes tinham sido feitos nas filmagens, que efeitos produziram determinados cenários ou adereços no produto final...

Na festa final de ano letivo a equipa do DROIDE II foi à escola para que a comunidade escolar, e em particular os alunos envolvidos, pudessem ver o filme¹².

¹² O filme “À procura do Bolinhas” está disponível na página:
<http://www.cee.uma.pt/droide2/cenarios/index.htm>.

5. DESENHANDO UM CENÁRIO DE APRENDIZAGEM¹³

Compreender o referencial teórico, tanto da Teoria da Aprendizagem Situada como da Teoria da Atividade, foi um processo moroso, mas sem dúvida alguma, muito aliciante. Mais aliciante ainda, foi utilizar as bases conceituais de ambas as perspectivas teóricas numa tentativa de pensar na atividade resultante da implementação do cenário de aprendizagem: Uma história com robots. Nesse processo revelou-se importante a utilização de elementos de ambas as perspectivas teóricas na análise do *design* do cenário de aprendizagem que sustentou a atividade, bem como na interação dos alunos com os robots no decurso dessa mesma atividade.

A forma como conceptualizamos a aprendizagem, conduziu-nos a um determinado posicionamento no que se refere ao *design* das atividades propostas e ao tipo de metodologia de trabalho preconizada, sendo que as opções tomadas no *design* do cenário de aprendizagem foram, como veremos ao longo da análise, informadas pela base conceptual e metodológica fornecida pelas perspectivas teóricas basilares ao estudo – Teoria da Aprendizagem Situada (Lave & Wenger, 1991; Wenger, 1998) e Teoria da Atividade (Engeström, 1987, 1999, 2001; Leont’ev, 1981; Vygotsky, 1978).

Tomando como unidade de análise o sistema de atividade correspondente à atividade coletiva desenvolvida com a implementação do projeto com robots, o processo analítico foi nos conduzindo à identificação dos seguintes elementos em diferentes sistemas de atividade – quando o consideramos do ponto de vista da atividade das professoras envolvidas (Fig. 6), quando considerado do ponto de vista da atividade dos alunos (Fig. 7) e ainda sob o ponto de vista da atividade da equipa de investigação (Fig. 8)¹⁴:

¹³ Neste estudo conceptualizamos o cenário de aprendizagem como uma ferramenta para organizar perceções de ambientes futuros, alternativos, a partir dos quais se tomam decisões no presente (Carroll, 1999; Rosson & Carroll, 2002). Assim, o *design* do cenário de aprendizagem é algo dinâmico, uma vez que está deliberadamente incompleto, sendo continuamente redesenhado, fruto da reflexão e avaliação que acompanham a sua implementação. Desta forma, salientamos que não é possível desligar o momento em que ele é *desenhado*, daquele em que se dá a sua implementação. Por estar em contínua construção e reformulação, ao ser implementado o cenário de aprendizagem está continuamente a ser *desenhado*.

¹⁴ Nos diferentes sistemas de atividade colocamos as iniciais P, A e I para diferenciarmos os elementos dos sistemas de atividade das professoras, alunos e investigadoras, respetivamente.

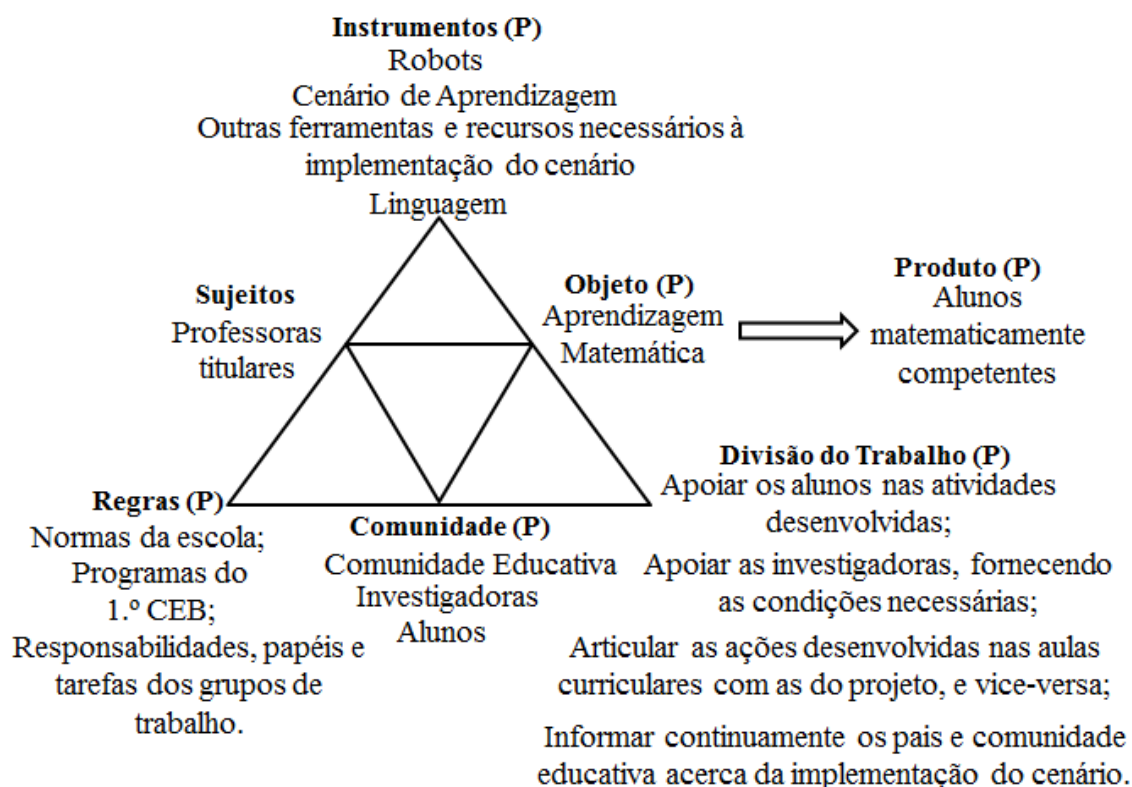


Fig. 6 – Sistema de Atividade das professoras, correspondente à atividade coletiva desenvolvida com a implementação do Cenário de Aprendizagem.

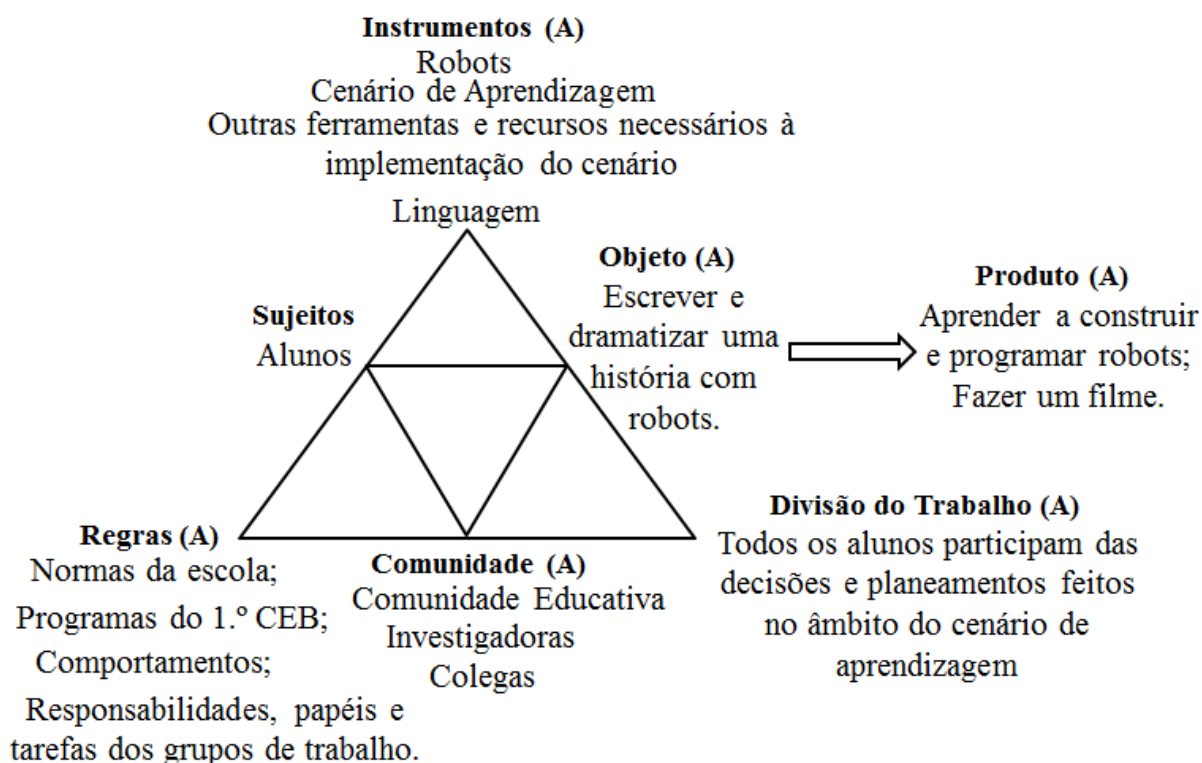


Fig. 7 – Sistema de Atividade dos alunos, correspondente à atividade coletiva desenvolvida com a implementação do Cenário de Aprendizagem.

Em ambos os sistemas de atividade acima, a principal distinção prende-se com o objeto relativamente ao qual a atividade esteve direcionada. Apesar de professoras e alunos estarem a lidar com os mesmos artefactos e terem definido conjuntamente as regras e os papéis dos intervenientes no projeto, a verdade é que os motivos e os significados acoplados a esses elementos são significativamente distintos para professoras e alunos.

No que diz respeito às professoras envolvidas, o objeto prendia-se com o ensino/aprendizagem da matemática (e outras áreas), sendo que a atividade desenvolvida com a implementação do cenário de aprendizagem visava contribuir para a construção da competência matemática dos alunos. No entanto, o objeto que direcionou a atividade dos alunos esteve relacionado com o facto de, neste cenário de aprendizagem, terem de escrever e dramatizar uma história com robots, construídos e programados por eles.

Além destes sistemas de atividade, ainda podemos considerar o sistema de atividade da equipa de investigação composta pela coordenadora do projeto DROIDE II, orientadora deste trabalho e pela investigadora no projeto DROIDE II, aluna de doutoramento e autora deste trabalho científico:

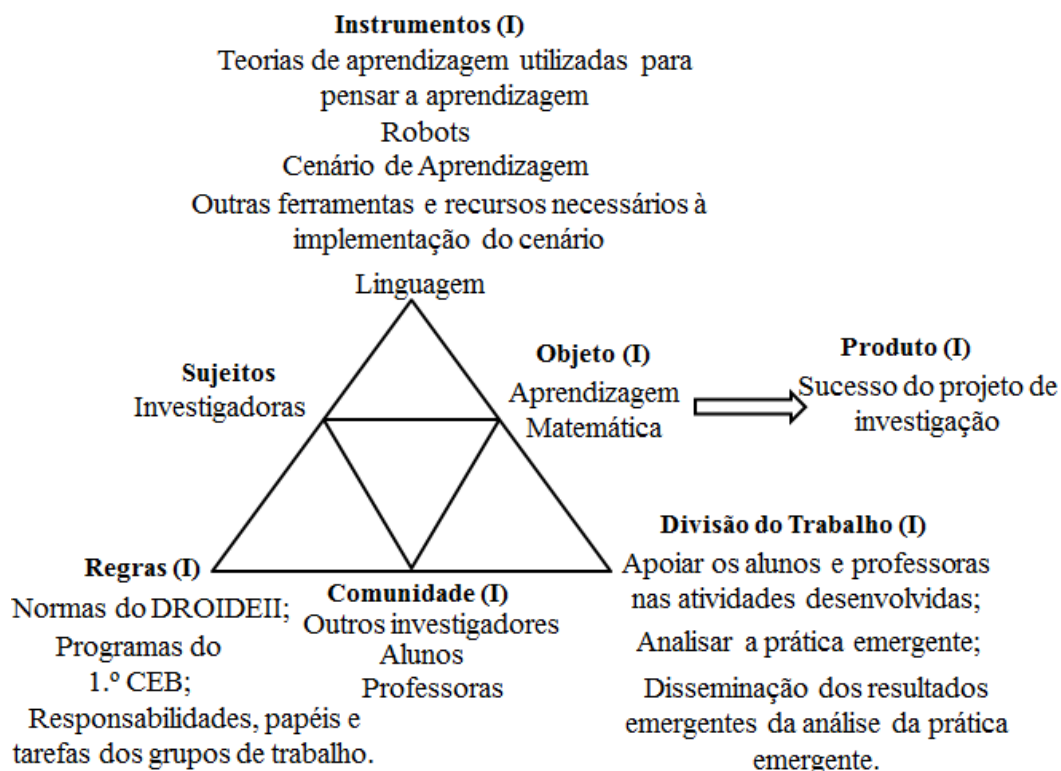


Fig. 8 – Sistema de Atividade da equipa de investigação, correspondente à atividade coletiva desenvolvida com a implementação do Cenário de Aprendizagem.

Apesar da equipa de investigação também ter a aprendizagem dos alunos como motivo subjacente à sua atividade, podemos dizer que o ‘*outcome*’ ou produto da sua atividade com a implementação deste cenário de aprendizagem estava intimamente ligado com o sucesso da investigação realizada no âmbito do projeto de investigação DROIDE II, financiado pela FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia).

Foi a primeira vez que a coordenadora do projeto DROIDE II estava a assumir a coordenação num projeto científico. As responsabilidades inerentes à coordenação de um projeto, especialmente sendo financiado, moldaram a atividade coletiva, nomeadamente no que se refere aos prazos inerentes à produção científica decorrente da implementação de cenários de aprendizagem. O projeto DROIDE II previa o *design* de cenários de aprendizagem que abrangessem os diferentes níveis de ensino. Este foi o cenário referente ao 1.º Ciclo do Ensino Básico.

Mais particularmente no meu caso, o facto de estar a desenvolver a minha investigação de doutoramento, no âmbito de um projeto de investigação, representou um motivo preponderante no desenvolvimento e definição do objeto na atividade coletiva. A participação no projeto DROIDE II correspondeu à construção da minha identidade como investigadora na área da Educação Matemática. Foi o ponto de entrada na descoberta das Teorias de Aprendizagem subjacentes a esta investigação, bem como na forma como estas poderiam servir de ferramenta analítica da prática decorrente da implementação do cenário.

Apesar de estarmos conscientes de que o sistema de atividade sob o ponto de vista dos investigadores também entrou em interação na definição de um *outcome* significativamente partilhado por todos, em termos analíticos não nos iremos centrar nos seus constituintes. O foco analítico será feito em termos das interações existentes entre as componentes do sistema de atividade dos alunos, tendo sempre presente a interação entre este sistema e os restantes.

Adotando o modelo analítico proposto por Engeström (2001), podemos esboçar uma representação de uma perspetiva que contempla o diálogo e a interação entre estes diferentes sistemas de atividade, onde os objetos de professoras, alunos e investigadoras irão evoluir para um objeto potencialmente partilhado, construído conjuntamente e coletivamente significativo. Assim, no presente estudo, quando nos referirmos à atividade coletiva ou à atividade resultante da implementação do cenário de aprendizagem estamos a referir-nos à atividade que contempla a interação destes três sistemas de atividade:

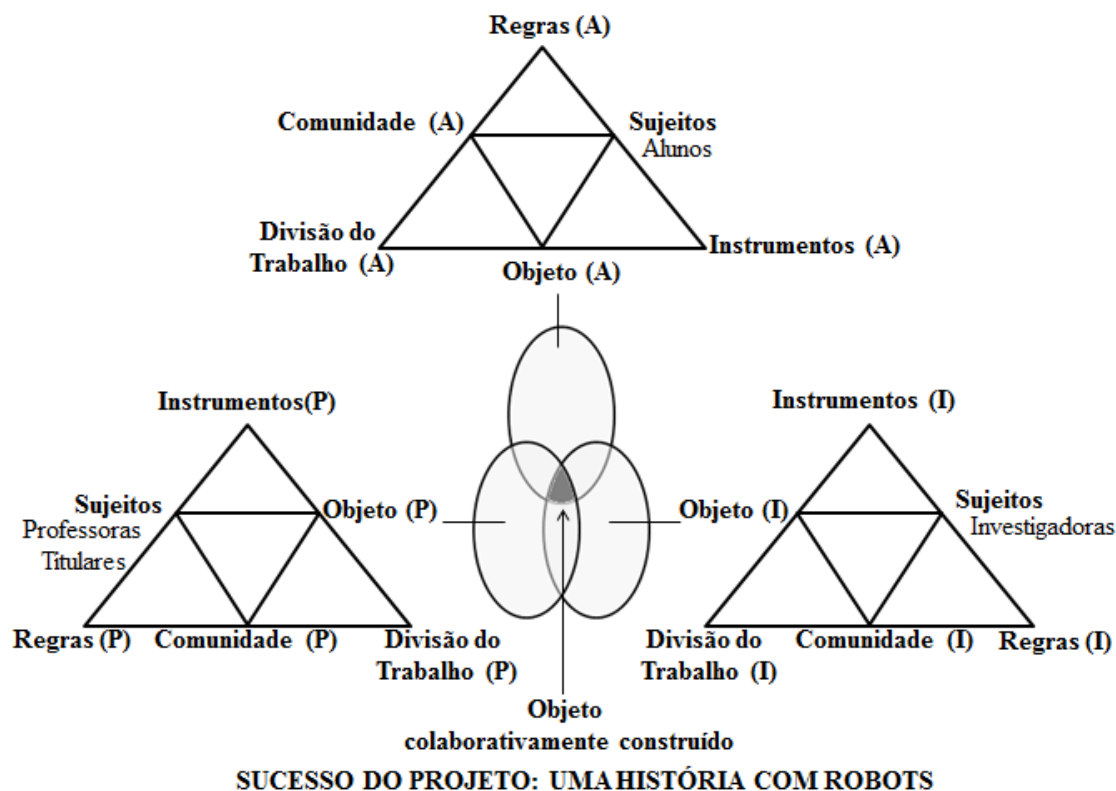


Fig. 9 – Os três sistemas de Atividade em interação.

O objeto colaborativamente construído pelos intervenientes é aqui denominado de sucesso do projeto “Uma história com robots”. Gostaríamos de salientar o significado do que aqui se entende por sucesso.

Os intervenientes (alunos, professoras e investigadoras) construíram uma ideia partilhada do que seria esse sucesso. Por parte dos alunos, esse entendimento ultrapassou o facto de conseguirem fazer o filme com os robots. Ao longo do processo, os alunos foram sentindo que este projeto fazia parte de um projeto maior (O DROIDE II) e que, de algum modo, estavam a contribuir para esse projeto. Nos diálogos estabelecidos connosco, com as professoras e com os pais referiam que “estavam a trabalhar num projeto de robots da Universidade da Madeira; estavam a trabalhar com as professoras da universidade”. Frequentemente queriam saber se tínhamos dinamizado conferências e participado em congressos e qual tinha sido o *feedback* recebido. Eles sentiam que estavam a contribuir para que “Uma história com robots” fosse um bom contributo ao que estávamos a fazer no campo da investigação.

Esta dimensão foi também partilhada pelas professoras. Para elas era importante que o projeto fosse bem sucedido a todos os níveis.

O sucesso do projeto não se prendia unicamente com a aprendizagem dos seus alunos. Em causa estava também a sua imagem perante os colegas, a escola, os pais dos seus alunos, a universidade. O sucesso do projeto englobava tudo isso.

Para nós, investigadoras, o sucesso do projeto “Uma história com robots” englobou a concretização da investigação que aqui se relata, mas muito mais. Implicou considerar os objetos dos restantes intervenientes, os seus motivos, as suas aspirações, na negociação de algo partilhado que deu significado ao nosso trabalho enquanto investigadoras.

Em todos os sistemas de atividade acima considerados, existiram dois artefactos que mediarão de uma forma muito particular a atividade decorrente da implementação do cenário de aprendizagem: os robots e o próprio cenário. Assim sendo, o fio condutor da análise irá centrar-se, por um lado, nos pressupostos inerentes ao *design* do cenário de aprendizagem e na forma como esses pressupostos moldaram a participação dos intervenientes, nomeadamente dos alunos, e por outro, no papel dos robots como artefactos mediadores da aprendizagem matemática dos alunos.

Mais especificamente, vamos focar-nos nas ações levadas a cabo pelos participantes, nos objetos que mobilizaram a atividade decorrente da implementação do cenário de aprendizagem, na negociação de um empreendimento conjunto e de um reportório partilhado, nas ferramentas (físicas e conceptuais) utilizadas e no papel que estas tiveram na negociação de significados nesta prática, nas regras que padronizaram as suas ações, no regime de competência definido pelos intervenientes e na divisão de trabalho tomada na atividade.

5.1. Cenário de Aprendizagem coconstruído pelos participantes/sujeitos

Tendo sido tomada uma visão da aprendizagem como um fenómeno situado e construído socialmente implicou, como já referido anteriormente, a adoção de um determinado posicionamento metodológico, nomeadamente no *design* do cenário de aprendizagem subjacente à presente investigação.

Para Lave e Wenger (1991) a aprendizagem é entendida como “(...) an integral and inseparable aspect of social practice” (p. 31). Daqui depreende-se que a aprendizagem é essencial para a completude da prática social, é constituinte dessa prática, não fazendo sentido desligá-la da prática social (Matos, 2000).

Sendo a aprendizagem uma parte integral das práticas sociais nas quais os indivíduos estão envolvidos, aprender significa construir uma identidade relativamente às comunidades onde são desenvolvidas essas práticas. Implica envolvimento e um sentimento de pertença a um coletivo. Mas aprender não é meramente uma condição de pertença, é ela mesmo uma forma evolutiva de pertença (Lave & Wenger, 1991), no sentido em que implica *continuidade* (Wenger, 1998) na sustentação do engajamento. Neste sentido, torna-se particularmente relevante a *continuidade* como fonte e motor de sustentação do engajamento numa prática, constituindo a base para justificar o carácter negociado dos significados relativamente à atividade em que as pessoas estão envolvidas.

Tendo por base este entendimento, e com vista a sustentação do engajamento dos alunos na prática decorrente da implementação do cenário de aprendizagem, não seria coerente que o cenário subjacente ao estudo fosse construído por uns (por exemplo pela equipa de investigadores), para ser implementado por outros (professoras e alunos).

O pressuposto acima enunciado assenta na ideia de *design* participatório ou participativo (Druin, 2002; Matos, 2010a, 2013) onde se contempla:

“ (...) uma interacção e um envolvimento profundo entre os utilizadores e os designers do cenário, ao longo de um largo período de tempo, dirigidos para a troca de perspectivas, para a aprendizagem das capacidades e valores de uns e de outros, para a clarificação dos objectivos do trabalho de design e para a identificação dos requisitos a ter em conta no produto final.” (Matos, 2010a, p.7).

Complementando a ideia anterior, estão igualmente os pressupostos de um ‘Pathway scenario’ (Wollenberg et al., 2000). De acordo com esta abordagem são proporcionadas oportunidades para os envolvidos articularem as suas expetativas, equacionarem a selecção dos recursos a serem utilizados com vista a alcançarem essas expetativas, definirem os papéis a serem desempenhados e refletirem acerca das diversas estratégias apresentadas, no sentido de fomentar a tomada de decisões conjuntas.

Um outro fator preponderante no *design* do cenário e que propiciou a sustentação do engajamento dos alunos foi o facto de este cenário de aprendizagem possuir aquilo que foi visto pelos alunos como a ‘grande ideia’ (Fernandes, 2013c).

A grande ideia corresponde ao tema amplo que está subjacente ao cenário de aprendizagem, neste caso – Uma história com Robots. A temática não invoca conteúdos

específicos de qualquer área disciplinar, apenas um assunto ou tópico com o qual o cenário se relaciona.

Na primeira reunião com as professoras de ambas as turmas, foi notório que estas reconheceram desde logo potencial na ideia central do projeto – a escrita de uma história em que os robots construídos pelos alunos seriam os personagens – e imaginaram horizontes de possibilidades que poderiam emergir do trabalho conjunto a ser realizado. No decurso do projeto esteve sempre presente a intencionalidade, partilhada pelas investigadoras e pelas professoras, em explorar conteúdos programáticos de qualquer área disciplinar, sempre que essa oportunidade emergisse do trabalho com os robots (Martins & Fernandes, 2015b).

Apesar deste trabalho se revestir de uma preocupação particular em compreender a aprendizagem da matemática não podemos descuar que esta não se despe da aprendizagem que ocorreu no âmbito de outras áreas disciplinares.

No que diz respeito, por exemplo, à língua portuguesa a escrita da história com os robots foi um momento muito rico para que os alunos ampliassem a sua produção escrita, no que diz respeito às diferentes etapas da produção textual. Contudo, ao longo da implementação do cenário de aprendizagem existiram outros momentos em que os alunos criaram diferentes tipos de texto, explorando as suas características, expandindo desta forma a sua produção oral e escrita.

Elucidativo disto foi o sucedido na fase inicial do projeto, quando os alunos de ambas as turmas começaram o trabalho conjunto. Nesta fase, as professoras sugeriram-lhes a realização de entrevistas, como forma de se conhecerem melhor, uma vez que os grupos seriam formados por alunos de ambas as turmas. Para tal, os alunos escreveram os guiões das entrevistas a realizar, idealizando que questões deveriam colocar aos colegas por forma a conhece-los melhor (uma vez que já os conheciam dos recreios).

Após a escrita dos guiões, realizaram as entrevistas assumindo os papéis tanto de entrevistador como de entrevistado. Neste contexto foram discutidas as características deste tipo específico de texto – a entrevista – conteúdo curricular da Língua Portuguesa nestes anos de escolaridade. A atribuição das características físicas e em termos de personalidade dos robots construídos representou igualmente uma excelente oportunidade para que os alunos desenvolvessem a sua criatividade e produção escrita. Neste momento, quando as professoras acompanhavam os diferentes grupos de trabalho, solicitavam aos alunos que falassem sobre os seus robots, que os descrevessem. Desta forma ajudavam-nos na expansão das frases por eles escritas,

discutindo a riqueza da utilização dos adjetivos para melhor caracterizarem os seus robots.

A interdisciplinaridade foi uma componente muito forte neste cenário de aprendizagem. Este não era um projeto conjunto especificamente ligado à Matemática, à Língua Portuguesa, às Artes, à Informática ou a outra qualquer área disciplinar. O cenário de aprendizagem correspondia essencialmente a um projeto com robots, “ (...) onde os conteúdos de diferentes áreas do saber emergiam, sendo que os seus significados foram negociados nesta prática conjunta” (Martins & Fernandes, 2015a, p.6).

A par dos conteúdos específicos de diferentes áreas foram também negociadas formas de se fazer as coisas, regras inerentes ao trabalho que estava a ser desenvolvido no coletivo. Analisemos o seguinte diálogo onde é negociada conjuntamente a produção de um filme de modo a dramatizar a história escrita conjuntamente:

Episódio: Porquê um filme?

Inv: Vocês gostam muito de filmes, é isso?

Alunos: Sim!

Inv: E gostariam então de fazer um filme?

Alunos: Sim!

Bea: Gravávamos...

Inv: Gravavam? Era boa ideia! Mas então temos de ponderar se, em vez de um teatro com os robots, fazíamos um filme com os robots. O que acham?

Alunos: Um filme!

Inv: E como se chamaria o filme?

Ine: À procura do Bolinhas, como na história!

Inv: E todos concordam com essa ideia?

Alunos: Sim.

Ine: Mas professora... A ideia do filme é boa mas nós vimos na história que havia um robot a voar. Como vamos fazer isso num filme?

Inv: Como é que o Super-Homem voa nos filmes? Não sei, vamos investigar.

Dio: Já sei! Usávamos uns fios...escondidos.

Mat: Ou usamos efeitos especiais...

Inv: Boa. Já temos algumas sugestões. [...]

Jes: E o castelo que fizemos para a maquete? Não vai ser pequeno? Nem cabe o Lama 3000 lá dentro...

Inv: Alguém tem uma sugestão para resolver isto?

Bea: Filmamos o castelo de fora, mas depois fazemos um cenário, que é o interior do castelo, e os robots ficam lá e parece que os robots estão lá dentro. É como no Harry Potter. Quando eles gravavam, não era o castelo. Parecia, mas não era.

Inv: Percebeste Jes.?

Jes: Sim.

Inv: Agora que já relembaram alguns episódios da história, será importante pensar como produzir um filme tendo a história por base, certo?

Alunos: Sim!

Inv: Então o vosso trabalho para a próxima sessão é pensar como podemos fazer isso. Como encenar esta história de modo a produzirmos um filme.

O episódio anterior traz-nos evidências do tipo de negociação que foi recorrente na implementação do cenário de aprendizagem. Referimo-nos ao facto de as opções tomadas no que se refere ao *design* do cenário terem sido negociadas conjuntamente, sendo que os intervenientes tiveram oportunidade de expressar as suas ideias e expectativas, definir as regras e a divisão do trabalho, escolher em que ações poderiam prestar um melhor contributo, refletir sobre as mesmas e negociar conjuntamente um desfecho ou produto para o cenário.

A opção de ser produzido um filme, foi negociada conjuntamente, tendo aberto espaço para que os intervenientes pudessem refletir sobre o resultado dessa opção. No diálogo, é visível que a aluna **Ine**, começou a ponderar quais as implicações dessa decisão. Como fazer os robots voarem? Quais as repercussões em termos de utilização de recursos e estratégias disponíveis para que o filme fosse ‘fiel’ à história? O mesmo aconteceu quando o aluno **Jes** trouxe à discussão o facto de o castelo construído na maquete ser pequeno para que os robots lá coubessem.

Ao discutirem no grande grupo possíveis soluções para estas questões (e outras) os alunos, e restantes participantes (professoras e investigadores), acabaram por produzir informações partilhadas que espelham a história da prática desenvolvida com a implementação deste cenário de aprendizagem. Com efeito, no trabalho posterior verificou-se que a opção utilizada pelos alunos para que os robots voassem foi exatamente utilizar fios de *nylon* para os segurar. Do mesmo modo, a perceção de que quando se está a produzir um filme utilizam-se cenários de interiores para se dar a perceção de que se está num determinado espaço, foi algo muito discutido nas aulas de expressão plástica. Nessas aulas, os alunos transmitiram frequentemente aos professores de expressão plástica quais os recursos necessários para que pudessem ser feitas as gravações das diferentes cenas.

Os professores de expressão plástica de ambas as turmas não participavam nas sessões conjuntas do projeto com os robots. Como tal, não tinham o conhecimento acerca da história escrita ou dos robots construídos. Assim sendo, os alunos partilhavam com eles o trabalho que estavam a desenvolver no projeto e discutiam os recursos necessários para a produção do filme, tomando por base as decisões tomadas nas sessões conjuntas.

Os aspetos característicos da prática decorrente da implementação do cenário acima discutidos, evidenciam a produção de memórias reificativas e participativas que, de acordo com Wenger (1998), sustentam a *continuidade* da prática, motor preponderante na sustentação do engajamento. As memórias reificativas ajudam a manter a história da prática de uma comunidade e englobam a produção de registos e informações partilhadas sobre as atividades em curso, que documentam os modos como as coisas vão sendo feitas e discutidas e as representações dos resultados dessa discussão. As memórias participativas, por sua vez, representam a forma como a comunidade partilha e discute as histórias da prática, criando espaços de interação que permitam que as pessoas participem na negociação do modo como as histórias são contadas e os acontecimentos são relatados na comunidade, criando formas de demonstrar os seus desenvolvimentos.

O *design* do cenário de aprendizagem caracterizou-se por uma constante discussão e negociação conjunta das ações a serem desempenhadas e dos papéis e responsabilidades dos envolvidos na consecução das mesmas. Para tal, foi necessário que os envolvidos encontrassem formas de tornar visíveis os produtos dessas ações, trazendo à discussão a forma como foram desenvolvidas e os efeitos das mesmas na atividade desenvolvida.

Vejamos o seguinte episódio onde uma aluna de 4.º ano, **Mad**, numa sessão de trabalho conjunta, questiona os alunos de 3.º ano acerca das características da maquete que estes estavam a construir:

Episódio: Quadrados na maquete:

Mad [aluna de 4.º ano]: Mas essa maquete é grande?...a que vocês começaram?

Prof3: Estão ali alguns quadrados do chão da maquete. Vou buscar um. [Colocou o quadrado da base da maquete no quadro negro] Alguém se recorda, em fila, quantos quadrados foram construídos para a maquete?

Alunos de 3.º ano: 3

Prof3: E em coluna?

Alunos de 3.º ano: Também 3.

Prof3: Também 3? Mas eu achava que era um retângulo?

Alunos de 3.º ano: E é.

Al: [aluno de 3.º ano]: Não é. Tinha 15 quadrados.

Prof3: E pode ser um quadrado?

Ine [aluna de 3.º ano]: 3 e 3 dava 9.

Mad: 3x5. Deve ser isso.

Prof3: Então, em que ficamos?

Fra: [aluno de 4.º ano]: É um retângulo 3 por 5.

Alunos de 3.º ano: Sim, era um retângulo.

Prof3: Então era um retângulo 3 por 5. Já conseguem imaginar então o tamanho da maquete.

Importa salientar que numa sessão conjunta ficou definido que a turma de 3.º ano seria responsável pela construção da maquete nas aulas de expressão plástica e a de 4.º ano, nas suas aulas de expressão plástica, estaria encarregue dos cenários e adereços utilizados nas filmagens. Contudo, os alunos de ambas as turmas poderiam, caso tivessem disponibilidade, colaborar nas tarefas de qualquer uma das turmas.

Atendendo ao facto de que existiam alunos, e grupos de alunos, com diferentes tarefas a seu cargo, as sessões de trabalho conjuntas foram importantes para que o trabalho de uns e de outros fosse trazido à discussão e se tornasse de alguma forma ‘visível’ para todos.

A dúvida apresentada pela aluna de 4.º ano, **Mad**, fez com que os alunos de 3.º ano necessitassem explicitar quais as dimensões da maquete que estavam a construir e desse modo fossem discutidos alguns aspetos relacionados com a disposição retangular dos quadrados que compunham a base da mesma.

Tais momentos de interação entre os intervenientes, onde estes puderam explicitar, negociar e discutir os resultados das ações em que estavam envolvidos, contribuíram para a produção de memórias participativas que, de acordo com Wenger (1998), constituem, a par das memórias reificativas, a fonte de sustentação do engajamento.

A discussão acima transcrita traz-nos também evidência da negociação de significados matemáticos levada a cabo pelos intervenientes – alunos de ambas as turmas e professores. Como podemos constatar, a discussão do número de quadrados utilizados na construção da maquete, propiciou a clarificação acerca das dimensões da

maquete construída. Mais à frente neste capítulo analisaremos com mais pormenor a forma como se deu a negociação dos significados matemáticos nesta prática.

5.2. A negociação de um empreendimento conjunto e a (re)orientação da atividade para-o-objeto

De acordo com Matos (2010a) é indispensável que os cenários de aprendizagem possuam mecanismos que, de forma cíclica, contemplem a preocupação de os professores e os alunos conseguirem identificar quais as necessidades que sentem na atividade, de modo a criar novos motivos (para satisfazer essas novas necessidades) e, por conseguinte definir novos objetos orientadores da atividade.

Como já referimos anteriormente, o *design* do cenário de aprendizagem implicou encará-lo como um elemento em construção contínua, tendo sido feitas, no decurso da sua implementação, escolhas de acordo com as expectativas, necessidades e preferências dos intervenientes (alunos, professoras e investigadores).

Numa fase inicial da implementação do cenário foi notório, nos diálogos estabelecidos com os alunos e com as professoras, que o motivo dos alunos para a atividade estava intimamente relacionado com a curiosidade que sentiam relativamente aos robots e com a possibilidade de, no projeto, poderem brincar com eles. Era a primeira vez que os alunos contactavam com os robots da Lego, existindo por isso uma grande curiosidade relativamente a estes artefactos.

Uma vez que não os conheciam, os alunos queriam manipulá-los, conhecê-los melhor, enfim... brincar com eles. Assim, numa fase inicial, pareceu-nos importante compreender quais as suas conceções acerca do que é um robot. Deste modo, como ponto de entrada na atividade com robots, os alunos manipularam várias construções feitas com materiais Lego, sendo que nem todas eram robots.

Neste primeiro contacto dos alunos com os robots constatámos que muitos dos procedimentos necessários ao trabalho não necessitavam ser expressamente ‘ensinados’ aos alunos, para que fossem desempenhados corretamente. Com efeito, observou-se que quando os alunos estavam a analisar as construções nos pequenos grupos, colocaram os robots a funcionar, sem necessitarem de qualquer tipo de ajuda para o efeito.

Independentemente do tipo de robot escolhido (NXT, RCX ou PicoCricket) os alunos tiveram muita facilidade em ligá-los e desligá-los, apesar de não ser muito evidente como fazê-lo em alguns dos modelos de robots disponibilizados. Não existiram

quaisquer constrangimentos ligados ao medo de os danificar ou de expor algum tipo de fragilidade ao não dominar certos procedimentos.

A manipulação das construções disponibilizadas foi muito importante pois a discussão conjunta que lhe sucedeu permitiu-nos perceber qual a ideia com que os alunos tinham ficado do que constituía um robot, como podemos encontrar evidências no episódio seguinte:

Episódio: O que é um robot?

Inv: Todos os grupos têm neste momento, em sua posse, um robot?

Leo: O nosso grupo tem um robot.

Inv: Sim? E porque é um robot?

Leo: Tem botões, fios...

Inv: E a mota? Ninguém escolheu ficar agora com ela? Não gostaram dela?

Vários alunos: Sim gostámos.

Soa: Mas não acho que seja um robot...

Inv: Porquê?

Mat: Não tem nenhum botão, nem fios.

Leo: Há brinquedos que parecem ser robots, mas podem não ser. Não têm botões, nem fios,... não se mexem sozinhos, pois precisam da nossa ajuda;

Seb: Por exemplo professora, no nosso, eu poderia pôr aqui um volante e ser eu a pôr os bonecos a subir e a descer, assim não precisava de energia [falando de um robot PicoCricket – Up and Down]. Mas se eu fizesse isso deixaria de ser um robot;

O diálogo estabelecido com os alunos evidenciou que os atributos por eles imputados a um artefacto representativo de um robot, satisfizeram o que é comumente aceite, nomeadamente, a questão de o robot possuir a capacidade de realizar, de maneira autónoma ou pré-programada, determinadas tarefas. Um aspeto muito salientado foi que, enquanto para algumas construções se movimentarem seria necessário serem elas a impulsioná-las, para outras, bastava premir um botão para que desempenhassem autonomamente determinadas funções, tais como deslocar-se ou emitir um som.

Apesar de ainda não lhes ser perceptível como tal era possível, os alunos manifestaram desde logo interesse em serem eles a “comandar” aquelas construções, em poderem dar-lhes ordens para que elas reagissem aos seus comandos.

Fra: Professora, quando cliquei nos botões apareceu ‘Run’. Isso é para pôr o robot a correr?

Inv: Não. Isso é para pôr o programa que o robot tem lá instalado no cérebro a ‘correr’.

Fra: Não percebi. O programa a correr?

Inv: Sim... Quando queremos que um programa funcione dizemos que está a ‘correr’. Mas esse programa pode mandar o robot correr ou fazer outra coisa qualquer. Quem o programou é que escolheu o que ele vai fazer.

Ser: Podemos ser nós a mandarmos neles?

Inv: Claro. Quando vocês construírem os vossos terão oportunidade de programá-los.

Fra: E posso pô-lo a fazer o que eu quiser?

Inv: Certo. E para ele fazer aquilo que programaste irás clicar em ‘Run’.

Ser: Podemos programar os robots para voarem? Era fixe!

Inv: Claro. A vossa imaginação é que vai decidir.

Alguns alunos queriam pô-los a voar, outros a subir montanhas e alguns queriam programá-los para fazer competições de luta livre, a ver qual o mais forte¹⁵. Em qualquer dos casos, o cerne residia no fascínio de serem eles a comandar as ações dos robots. Este motivo inicial para a atividade com os robots – ter poder sobre o robot – foi importante para o engajamento dos alunos na prática, uma vez que impulsionou os alunos para a atividade coletiva. Esta atividade coletiva teve como objeto orientador construir e programar robots.

Nesta fase de implementação do cenário os alunos sentiram a necessidade de serem eles a construir os seus próprios robots e de os poderem comandar para desempenharem ações por si estipuladas. No entanto, ao longo da implementação do cenário de aprendizagem os motivos dos alunos para a atividade coletiva foram-se redefinindo, permitindo o surgimento de novas possibilidades, nomeadamente a negociação conjunta de um empreendimento – escrita e dramatização de uma história com robots.

Evidência disso foi o sucedido ainda durante a fase de programação livre dos robots construídos pelos diferentes grupos de trabalho. Nesta fase, a par da programação livre dos robots, os alunos iniciaram a escrita conjunta da história, cujo enredo principal foi decidido numa sessão conjunta. Todos os grupos de trabalho tiveram oportunidade de escrever, à vez, uma parte da história, no entanto, num determinado momento, foi-lhes dada oportunidade de escolher se preferiam continuar com a programação livre dos robots ou com a escrita da história.

¹⁵ Estes aspetos acabaram posteriormente por influenciar a escrita da história, na qual apareceram robots voadores e outros a defrontarem-se em duelo.

Para alguns alunos, o motivo para a atividade deixou de ser especificamente a programação dos robots. Como tal, manifestaram vontade de apenas continuar com a escrita da história. Outros porém, sentiram-se mais motivados para continuarem com a programação dos robots, não continuando a escrita da história. No entanto, os que continuaram com a escrita da história faziam-no tendo o conhecimento dos robots construídos, das suas características e da forma como poderiam ser programados para desempenhar os papéis na dramatização da história. Por outro lado, quem continuou com a programação, explorou as possibilidades de os robots serem programados para também, posteriormente, desempenharem esses papéis. Assim, apesar de os alunos estarem a desempenhar ações distintas, decorrentes de possuírem diferentes motivos para a atividade, a verdade é que todos partilharam o mesmo objeto: a escrita e dramatização de uma história com robots.

A negociação deste objeto comum, implicou a existência de momentos em que os alunos, a desempenharem diferentes ações, puderam partilhar os produtos dessas ações, de modo a discutir os contributos para algo definido conjuntamente – neste caso a escrita e dramatização de uma história com robots, ou seja, de um empreendimento conjunto.

Decorrente da divisão de tarefas esteve também inerente a divisão de responsabilidades. Com efeito, negociar um empreendimento conjunto dá lugar a relações de responsabilidade entre os envolvidos. Estas relações incluem o que interessa e o que não interessa, o que é importante e porque é importante, o que fazer e o que não fazer, ao que prestar atenção e o que ignorar, sobre o que falar e o que não dizer, o que justificar e o que assumir como justificado, o que exhibir e o que conter, perceber quando as ações e artefactos são suficientemente bons e quando necessitam ser melhorados ou refinados (Wenger, 1998)¹⁶.

Por exemplo, ao grupo de alunos que continuou a escrita da história foi confiada a tomada de decisões sobre o rumo que ela tomaria, conforme se pode verificar na seguinte transcrição de um relato escrito da professora de 3.º ano, que acompanhou o grupo responsável pela continuação da escrita da história:

“Um pequeno grupo de alunas reuniu-se para a escrita da história. A dinâmica foi muito interessante porque tinham de integrar dez personagens, respeitando as

¹⁶ Este processo partilhado de negociação de um empreendimento conjunto está intimamente ligado com a definição de um regime de competência (Wenger, 1998). Na secção 5.3. discutiremos com mais profundidade a forma como o regime de competência se definiu e construiu nesta prática.

características (físicas e psicológicas) que os diferentes grupos tinham decidido para cada uma delas.”

Notou-se que este grupo de alunas procurou respeitar as características individuais dos robots criados pelos vários grupos, bem como as relações de amizade predefinidas entre eles. Quando se reuniam para escreverem a história, consultavam repetidamente os documentos facultados pelos restantes grupos de trabalho, onde estavam expressas as particularidades de cada um dos robots. Por outro lado, nos alunos que continuaram unicamente com a programação livre dos robots, foi depositada a responsabilidade de se familiarizarem com a programação dos robots o suficiente para que pudessem desempenhar posteriormente os seus papéis na dramatização da história. Deste modo, criou-se entre os envolvidos relações de responsabilidade mútua, que se converteram numa parte integral da prática decorrente da implementação deste cenário de aprendizagem.

No entanto, como podemos encontrar evidências no diálogo seguinte, a compreensão que os membros de uma comunidade têm do seu empreendimento conjunto, e dos efeitos do mesmo nas suas vidas, não precisa ser uniforme para que seja um produto coletivo (Wenger, 1998):

Episódio: Escolhendo o enredo:

Após todos os grupos terem definido as características de cada um dos robots, foi necessário decidir qual o enredo principal da história. Neste momento foram discutidas quais seriam as personagens principais. Essa escolha não foi, à partida, consensual. Uns alunos queriam que fosse a Aranha Há e o Lama, outros que fossem os dois cães gémeos. Os alunos, de cada uma das partes, apresentaram argumentos que validaram, ou não, a sua escolha perante os que estavam indecisos.

Quando solicitados, pela equipa de investigadores, a tomarem uma decisão acerca de qual o enredo principal, os alunos apresentaram os seus motivos, conforme se pode observar na seguinte transcrição:

Ine: Eu acho que devem ser os dois irmãos gémeos porque assim...

Prof. 2: Os dois...?

Ine: Irmãos.

Prof. 2: E não é o teu robot, é?

Ine: Não.

Prof. 2: Oh! Boa! [diz em voz baixa]

Ine: Porque assim eles podiam discutir, os dois irmãos, e aí entravam os dois robots [referindo-se ao Lama e à aranha Há] para tentar reconciliá-los.

Prof. 2: Por exemplo...

Inv: Concordam que as duas personagens principais sejam os dois cães?

Aluna do grupo Lama: As personagens principais vão ser o nosso robot e a aranha.

Prof. 2: Vão ser?

Aluna grupo Lama: Não...

Prof. 2: Ah, achas que deveriam ser...

Inv: E porquê?

Hen [Aluno grupo Lama]: Podem haver, tipo, equipas, haver estes dois vilões... Aquele, a Há, faz uma teia e este [Lama] dispara bolas.

Inv.: Muito bem, mas isso pode fazer parte da história. E os outros grupos, acham que esses devem ser os principais?

Aluna grupo Lama: E os secundários eram a abelha e o Cook Robot.

Inv: Todos os outros vão ser secundários.

No episódio acima é visível que não foi unânime que as duas personagens principais na história fossem os dois cães gémeos. Para que houvesse um consenso, os alunos com opiniões distintas expuseram os argumentos que as sustentavam no sentido de que os restantes pudessem tomar a sua própria decisão.

Momentos como este possibilitaram aos alunos a partilha no coletivo das suas expetativas individuais relativamente ao desenvolvimento de cenário de aprendizagem. Ao serem discutidas essas expetativas, foram encontrados argumentos para que estas fossem validadas ou postas de parte, sendo que o produto resultante deixou de ser algo individual para tornar-se algo cujo significado foi construído coletivamente. Este foi um aspeto preponderante para a mutualidade existente no engajamento dos alunos. Esta característica da prática desenvolvida com a implementação do cenário de aprendizagem está evidente na análise de outros episódios.

Atendendo à divisão de tarefas e de responsabilidades que caracterizam a prática desenvolvida, os alunos foram redefinindo os objetos da atividade, criando necessidades que por sua vez deram origem a novos motivos. Vejamos, por exemplo, a forma como os alunos se organizaram, no início da segunda fase de implementação do cenário de aprendizagem, de modo a produzirem o filme, cujo enredo consistiu na história previamente escrita:

Episódio: Definindo novas equipas de trabalho:

Inv: Então estamos perante uma nova etapa e uma nova fase de escolha de grupos de trabalho. Vamos definir novas tarefas?

Prof3: Se calhar usamos o quadro para ‘apanhar’ as ideias...

Mat: Professora, eu imito sons bem. Podia fazer a voz de um robot.

Outros alunos da turma: É verdade, ele consegue.

Prof3: Muito bem é aproveitar as suas capacidades para. É boa ideia, não acham?

Alunos: Sim.

Bea: Professora, eu hoje também trouxe aqui um livro que ajuda a fazer filmes. Tem CD's e tudo a explicar.

Inv: Boa. É um excelente contributo.

[...]

Inv: O que acham que será necessário para produzirmos o filme? Podemos apontar no quadro as novas tarefas.

Após discussão conjunta, as tarefas delineadas foram:

- Programar os robots: RCX e NXT;
- Vozes
- Realização;
- Iluminação;
- Som;
- Montagem do filme;
- Filmagem.

Estas novas tarefas deram origem a novas equipas de trabalho, sendo que cada aluno escolheu a que equipa queria pertencer.

Para alguns alunos a sua escolha prendeu-se com o facto de considerarem que tinham potencial para prestarem um bom contributo na tarefa a ser desempenhada por uma determinada equipa. Foi o caso do aluno **Mat** que considerou que, por saber imitar sons, poderia fazer um bom trabalho na equipa das vozes. A aluna **Bea** optou por pertencer à equipa de realização, tendo expressado que, da leitura do seu livro, considerava que possuía um bom entendimento do que implicava a realização do filme, nomeadamente, a importância de fomentar a comunicação entre as diferentes equipas.

Estes dois exemplos são elucidativos da responsabilidade mútua assumida pelos alunos, no que diz respeito ao empreendimento conjunto. O engajamento mútuo nesta prática pressupõe, do ponto de vista dos alunos, que cada um pudesse dar o seu contributo, compartilhando as suas experiências e conhecimento. Contudo, havia também espaço nesta prática para que cada um pudesse explorar o desconhecido,

envolvendo-se em experiências novas. Foi o caso de alunos que se responsabilizaram por integrar equipas cujas tarefas pouco conheciam.

Numa das turmas, tinham entrado nesta segunda fase de implementação do cenário de aprendizagem, dois alunos novos. Como não tinham pertencido ao projeto no ano letivo anterior, não tinham tido ainda contacto com os robots. Ambos quiseram integrar as equipas de programação, pois manifestaram interesse em aprender a programar os robots.

Para estes dois alunos, recém-chegados a esta prática, era visível o fascínio em serem eles a comandar aquelas construções. Como vimos anteriormente, (*Episódio: O que é um robot?* (p. 122)), tal postura face ao robot tinha igualmente sido evidenciada pelos restantes colegas na fase inicial do projeto.

Como temos vindo a analisar, em qualquer uma das equipas de trabalho formadas, o objeto – foco do engajamento e do trabalho dos alunos – acabou por criar novas necessidades e dar origem a novos motivos, nomeadamente a necessidade de perceber como funciona determinado artefacto, seja ele físico ou conceptual, para ajudar a resolver determinado problema¹⁷.

A principal característica de uma atividade, que a distingue de outra, é o seu objeto, pois ele dá à atividade uma direção específica.

De acordo com Engeström (1999), a atividade é tomada não só como um sistema harmonioso e estável, mas sim como um todo formado de segmentos contínuos, inter-relacionados numa formação criativa, composta de elementos, vozes e conceções múltiplas, entendidas do ponto de vista histórico. O conceito de transformação é uma noção chave neste processo. Na Teoria da Atividade, a metáfora da transformação é utilizada de modo a enfatizar o processo através do qual o objeto da atividade se redefine e transforma dando lugar a um *outcome*.

Neste sentido, podemos afirmar que a atividade emergente da implementação deste cenário de aprendizagem representa uma atividade com motivos, ações, objetivos e formas de operacionalização que somente dizem respeito ao contexto desta atividade.

Como temos vindo a discutir, a atividade alvo de análise e a sua constante transformação deveu-se à contínua redefinição de objetos nesta atividade. Contudo, será

¹⁷ Alguns dos episódios analisados na secção 5.4. trazem-nos evidências da forma como a programação dos robots levou à compreensão de noções temporais e espaciais, artefactos conceptuais necessários a uma programação eficiente do robot. Os *Episódios Lama 3000* (p. 147), *Rotundas na Maquete* (p. 153) e *Trajetórias dos robots* (p. 149) evidenciam a negociação de significados matemáticos (artefactos conceptuais), fruto de necessidades sentidas pelos alunos nesta prática, respetivamente, a criação de um código com o nome do robot ou a definição da trajetória do robot quando programado.

pertinente salientar que estas transformações estiveram intimamente relacionadas com as interações estabelecidas entre os alunos, e entre estes e as professoras (investigadoras incluídas), com o contexto físico em que decorriam as sessões de trabalho, com as características pessoais dos intervenientes e com a interdependência das atividades humanas. Compreender estas transformações implica olhar para o modo como os envolvidos participaram e se envolveram nas diferentes atividades (nomeadamente a atividade desenvolvida no âmbito do projeto com robots e as atividades de sala de aula de cada uma das turmas). Será importante compreender como é que estas se relacionam e em que medida os envolvidos transformam os seus motivos, redirecionando ações, alternando papéis na divisão de trabalho e incorporando artefactos de mediação que cruzam essas diferentes atividades.

5.3. A relação dialética entre as ações dos participantes, a atividade coletiva e a construção de um regime de competência

Em todas as fases de implementação do cenário de aprendizagem, os alunos trabalharam em grupos, nos quais as tarefas a serem realizadas se foram tornando, ao longo do tempo, mais específicas e diferenciadas. Numa primeira fase, todos os grupos de trabalho construíram e programaram robots, todos os grupos de trabalho tiveram igualmente oportunidade de escrever uma parte da história. Contudo, gradualmente, as tarefas a serem desempenhadas pelos diferentes grupos foram sendo distintas, sendo que os alunos escolheram por qual ou quais iriam responsabilizar-se. Ao fazê-lo, os alunos acabaram por assumir, nesta prática, responsabilidade por diferentes aspetos do empreendimento conjunto. Como observamos em alguns dos episódios alvo de análise, ou iremos observar, essas escolhas foram tomadas de acordo com as preferências pessoais de cada aluno, mas também em consonância com o que era considerado importante por todos os intervenientes (*Episódio: Construção dos robots* (p. 140); *Episódio: Definindo novas equipas de trabalho* (p.127)).

Cada um dos grupos de trabalho procurou, nas ações desempenhadas, corresponder às ações e expectativas evidenciadas pelo coletivo. Desta forma, os alunos estabeleceram, no seio de cada grupo de trabalho, e nas relações que estabeleceram entre os diferentes grupos, relações nas quais revelaram a mutualidade do engajamento nesta prática. Contudo, essa mutualidade não significou que tenha constantemente existido concordância entre os grupos (*Episódio: Escolhendo o enredo* (p. 125)). O que

torna o engajamento possível é uma questão de diversidade e da constante negociação de significados, feita no modo como se participa nas atividades em curso, ou seja, na definição do empreendimento comum subjacente à prática desenvolvida (Wenger, 1998).

Como vimos na secção 5.2., o empreendimento conjunto destes alunos pautou-se pela escrita e dramatização de uma história, sendo as personagens dessa história os robots construídos de génese pelos alunos. A negociação desse empreendimento conjunto permitiu o engajamento dos alunos em diferentes tarefas, tendo sido abertas oportunidades de engajamento a diferentes níveis (Martins, 2013b).

O engajamento mútuo envolveu as competências de cada aluno, tendo sido importante o que cada um sabia, o que fazia, bem como a habilidade para se conectar ao que não sabia e/ou não fazia, ou seja, ao conhecimento e às ações complementares dos demais membros. De acordo com Wenger (1998), é no processo partilhado de definição de um empreendimento conjunto de uma comunidade que são igualmente definidas e construídas as competências de cada um dos seus membros, ou seja, um regime de competência.

Para Wenger (1998), a aprendizagem pode ser vista como um processo contínuo de realinhamento entre experiência e competência. Segundo esta perspetiva, aprender significa tornar-se capaz de se envolver em novas ações, de desempenhar novas tarefas e funções e de negociar novos significados. Contudo, convém salientar, que essas ações, tarefas, funções e significados não existem de forma isolada. São parte integrante de um sistema mais alargado de relações no qual adquirem significado. Neste sentido, a competência envolve algo mais amplo e dinâmico do que saber fazer ‘alguma coisa’. Dada a sua natureza social, a competência está intrinsecamente ligada ao contexto que a estrutura e condiciona. A definição do que se considera como competência numa determinada prática emerge da atuação dos envolvidos nessa mesma prática e do que é mutuamente reconhecido como competência. Como tal, não poderá ser imposto, legislado ou pré-definido por entidades externas. É algo construído e definido no seio da comunidade, fruto da negociação do significado levada a cabo pelos envolvidos.

Na prática desenvolvida com a implementação do cenário de aprendizagem, cada aluno, enquanto membro de um grupo de trabalho que possuía uma tarefa específica, acabou por possuir a sua própria ‘especialidade’ e conhecimento específico dessa mesma tarefa. Por exemplo, os alunos que pertenceram às equipas de programação dos robots, acabaram por ter um conhecimento mais profundo acerca da programação do que os restantes que, apesar de terem tido oportunidade de se

familiarizarem com a programação, não se responsabilizaram por desempenhar essa tarefa até ao fim do projeto. Contudo, a definição do que se considerou *ser competente a programar robots*, no âmbito desta prática, não foi unicamente definido pelo grupo de alunos responsáveis pela programação. Essa competência foi definida nas relações que estes alunos estabeleceram com os restantes, com vista a consecução do empreendimento conjunto definido no coletivo.

Analisemos os seguintes dois episódios onde procuramos discutir a forma como a *competência a programar* se definiu no seio desta prática:

Episódio: Programando os RCX:

Da equipa de programação dos robots RCX, faziam parte os alunos **Mat** e **Rau**. No início da sessão em análise, estes dois alunos estavam a trabalhar conjuntamente num computador, apesar de terem dois à sua disposição, e tentavam programar o robot T-Rex.

Quando a investigadora se aproximou deles notou que estavam desanimados. A informação não estava a passar da torre para o robot e isso deixava-os frustrados. **Mat** disse inclusivamente que como também estava responsável por fazer sons na equipa das vozes, ia desistir de programar e unicamente acompanhar o trabalho dessa equipa.

A investigadora ofereceu-se para ajudá-los a resolver o problema que estavam a ter com a passagem de informação do computador para o cérebro do robot. Em conjunto, tentaram ver o que poderia estar a impedir essa passagem e conseguiram descobrir. Ao longo do processo foram discutidas as falhas cometidas. Nas interações entre alunos e investigadora foram estabelecidas relações de mutualidade, onde foi definido o que era importante aprender a fazer e, de uma maneira conjunta, os alunos procuraram aprender a fazê-lo. Ultrapassadas as dificuldades, os alunos continuaram sozinhos, o seu trabalho de programação e a investigadora foi apoiar outros grupos de trabalho.

Mais tarde, quando regressou ao grupo, a investigadora reparou que na sua programação os alunos arrastavam blocos e colocavam-nos sequencialmente sem terem cuidado em estabelecer o que queriam que o robot efetivamente fizesse. Os programas eram ‘longos’ e quando questionados sobre o que o robot iria fazer quando corresse o programa, os alunos tinham dificuldade em explicar. Para a investigadora, esse aspeto evidenciava que os alunos não estavam a desenvolver um bom entendimento da programação, pois não conseguiam estabelecer conexão entre os blocos utilizados na

programação e os movimentos que seriam desempenhados pelo robot. Então decidiu colocar-lhes um desafio, acreditando que isso ajudaria os alunos a estabelecerem a conexão que ela considerava necessária:

Inv.: Vão programar, usando diferentes blocos... mas peçam ao robot para fazer pouca coisa... [alunos riram...] e vão escrever num papel o que é que o robot vai fazer quando colocarem o programa a correr.

Mais tarde verificou que os alunos estavam a programar em computadores diferentes e que os programas eram nitidamente mais ‘curtos’. O **Mat** continuou a programar o robot T-Rex e o **Rau** estava agora a programar um dos insetos. A investigadora questionou o **Mat**:

Inv: Então, consegues dizer-me o que o teu robot vai fazer quando puseres a correr este programa? [O aluno aproximou-se do ouvido da investigadora e segredou:]

Mat: Não posso falar agora pois o **Rau** não pode ouvir.

Inv: Porquê?

Mat: Estamos a fazer assim: eu programo o meu e ele programa o dele e depois vamos lá para fora experimentar. Ele adivinha o que eu programei e eu tenho que adivinhar o que ele programou.

A investigadora continuou a observar... Ambos programaram e um questionava o outro: “Já podemos ir para fora?” “Já acabaste?” E ouvia respostas do género: “Só mais um bocado.” “Vou mudar aqui uma coisa.” “Espera que ainda está a passar...”

Os alunos foram para a rua e colocaram os programas a correr. À medida que os robots se movimentavam diziam: “Anda para a frente... parece ser 4 segundos, depois dança,...”; “Vira à esquerda, 3 segundos, depois *shake*,...”.¹⁸

Um ia opinando acerca do que tinha sido a programação do outro, evidenciando, progressivamente, um maior entendimento dos blocos que estavam a ser utilizados na programação e das ações desempenhadas pelos robots quando programados com esses blocos.

Quando inicialmente a investigadora os desafiou a escreverem num papel as ações que o robot iria desempenhar depois de programado, esperava que os alunos desenvolvessem uma melhor compreensão dos comandos que estavam a utilizar. Os alunos responsabilizaram-se pelo proposto pela investigadora e tentaram fazê-lo. No entanto, não apresentaram exatamente o solicitado. Em vez de escreverem no papel as

¹⁸ Na discussão levada a cabo pelos dois alunos, no que diz respeito à análise da programação, verificou-se que além de estarem a negociar o significado dos blocos utilizados na programação dos robots estavam, igualmente, a negociar e (re)negociar (Wenger, 1998) significados matemáticos, no que se refere a noções temporais e espaciais. Na secção 5.4. é apresentada uma análise mais profunda ao processo de negociação dos significados matemáticos nesta prática.

ações do robot, consideraram que saber programar implicava também reconhecer nas ações do robot a programação efetuada.

Ao longo do tempo verificou-se que existiu um alinhamento (Wenger, 1998), por parte dos alunos, **Mat** e **Rau**, relativamente à experiência de programar. Esse alinhamento conduziu gradualmente a uma adequação face ao regime de competência, isto é, face ao que era entendido – por eles e pela investigadora – como sendo *competência a programar*.

De acordo com Wenger (1998) a aprendizagem pode ser vista como um processo de contínuo realinhamento entre experiência e competência, sendo que “(...) a certain tension between experience and competence is what promotes learning” (p. 138).

Na análise do episódio anterior podemos observar que essa tensão¹⁹ está patente nas relações estabelecidas entre os intervenientes. A competência de programar trazida pela investigadora fez com que a experiência de programar dos alunos se fosse adequando ao considerado importante saber fazer quando se programa (dada uma programação, prever as ações do robot). Contudo, a inclusão por parte dos alunos de uma nova experiência (prever qual a programação que produziu determinada ação no robot) fez com a negociação do que se entendeu como *ser competente a programar* fosse fruto de um entendimento negociado no coletivo e não somente por quem estava envolvido diretamente na programação.

Como já foi referido anteriormente, das equipas de programação era esperado que se familiarizassem com os robots e respetivos ambientes de programação, por forma a corresponderem às solicitações dos membros das outras equipas quando fossem iniciadas as filmagens. Analisemos agora a prática desenvolvida pela outra equipa de programação dos robots – a equipa de programação dos robots NXT.

Episódio: Programando os NXT:

Esta equipa era constituída por 7 alunos de ambas as turmas. Na primeira sessão de trabalho em que assumiram funções como equipa, trabalharam em dois

¹⁹ Salientamos que o termo “*tension*” aqui utilizado por Wenger (1998) não implica a existência de um conflito ou desacordo. A tensão a que o autor se refere está relacionada com a intrínseca relação entre experiência e competência como forças motrizes para a aprendizagem. Aprender significa adquirir competências que são construídas e definidas por envolvimento num processo contínuo de alinhamento decorrente da experiência de viver no mundo (Wenger, 1998). Como tal, a aprendizagem não é, nem poderá ser, apenas vista como uma reprodução, mas essencialmente como um processo de reformulação e renovação do conhecimento e de competências.

computadores distintos, sendo que 3 alunos programaram o Lama e a Aranha e os restantes programaram os dois cães.

Na sessão seguinte os alunos tinham 3 computadores disponíveis e a investigadora sugeriu que trocassem de robots, de modo a que quem tivesse programado os cães tivesse oportunidade de programar a Aranha e o Lama, e vice-versa. Todos os alunos anuíram à exceção do **Hen**, que referiu o seguinte:

Hen: Estive no grupo que construiu o Lama. Na sessão anterior estive a programá-lo e quero continuar a fazê-lo. Não quero programar outros robots.

Inv: Mas em que equipa estás agora?

Hen: Na de programação do NXT.

Inv: Então não existe uma equipa específica de programação do Lama, pois não?

Hen: Não.

Inv: Se já estiveste a programar o Lama e a Aranha, acho que agora devem trocar, para todos terem oportunidade de programar todos os NXT.

Hen: Então não vou fazer nada.

O **Hen** regressou ao seu grupo de trabalho (mesmos dois colegas da sessão anterior) sem levar nenhum robot. Os restantes alunos responsáveis pela programação dos NXT levaram o Lama e a Aranha, para serem programados. O grupo do **Hen** não levou nenhum robot para ser programado.

Daquilo que observámos nas sessões do projeto e do que a sua professora nos confidenciou, podemos descrever o **Hen** como um aluno pouco sociável, que evidenciava alguns problemas em se relacionar com os seus pares. No entanto, desde o início do projeto, o **Hen** mostrou-se muito entusiasmado com o trabalho com os robots.

Apesar de na fase inicial da implementação do cenário de aprendizagem o **Hen** ter desempenhado diferentes tarefas (construção e programação do Lama, atribuição das suas características, negociação do enredo e escrita da história, etc.), a programação do “seu” Lama constituía a tarefa para o qual o **Hen** se sentia verdadeiramente motivado.

O seu grupo de trabalho construiu o robot Lama 3000 e quando começaram a programá-lo o **Hen** destacou-se para além do que foi solicitado. Para este aluno era muito fácil programar o “seu” robot e explicá-lo aos outros – colegas e professoras. Este aluno descobriu recursos de programação que iam além do que seria expectável em termos da implementação do cenário de aprendizagem. A par disso verificou-se que, a partir do momento em que o **Hen** teve oportunidade de programar o seu robot, existiu um crescente envolvimento do aluno, no que se refere à discussão e questionamento de

estratégias e à tomada de decisões relativamente ao que estava a ser acordado no âmbito do projeto (***Episódio: Escolhendo o enredo*** (p.125); ***Episódio: Robot Lutador*** (p.144)).

O comportamento do **Hen** nesta sessão contrastou com o das sessões anteriores. Nesta sessão, o **Hen** recusou-se a continuar a trabalhar. O facto de ter que programar outros robots que não o “seu”, representou para o **Hen** um impedimento ao seu trabalho. Contudo, apesar de o **Hen** [visto pelos colegas como um excelente programador] não querer continuar a programar, o seu grupo não partilhou dessa opinião. Com efeito, mais tarde um aluno do grupo do **Hen**, o **Art**, dirigiu-se à investigadora:

Art: Podemos levar um dos cães para programarmos?

Inv: Claro. E o **Hen**.? Ele disse-me que não queria programar um cão.

Art: Ele não quer mas nós queremos. Não vamos ficar sem fazer nada.

Este posicionamento do **Art** mostra-nos que o restante grupo considerou que programar implicaria a programação de todos os robots e não apenas daquele que tinham construído. A forma como o restante grupo lidou com a contradição manifestada pelo **Hen**, implicou desafiar-se no que diz respeito à programação de um outro robot que ainda não haviam programado, apesar de o elemento mais ‘forte’ do grupo não querer tomar parte nessa ação.

Por outro lado, o **Hen** sentia-se responsável apenas pela programação do “seu” Lama. O entendimento que os seus colegas e investigadora faziam do que eram as responsabilidades e papel a assumir pela equipa de programação dos NXT era distinto do que o **Hen** assumira. Esta contradição vivida pelo **Hen** acabou por comprometer o seu engajamento.

Apesar de o grupo ter levado outro robot para ser programado o **Hen** não se envolveu no que estava a ser feito, colocando-se à margem da programação que estava a ser desenvolvida, quer pelo seu grupo, quer pelos alunos que agora programavam o Lama e a Aranha. Este aspeto estava em grande contraste com o seu desempenho em sessões anteriores em que sempre esteve muito envolvido.

Ao acompanhar o trabalho das equipas de programação a investigadora reparou que os alunos que estavam a programar o Lama e a Aranha estavam com algumas dificuldades. Então dirigiu-se ao **Hen**:

Inv: Sei que preferias não ter que programar outro robot que não o Lama mas podes dar uma ajudinha aos teus colegas que estão a programar o Lama e a Aranha? Acho que eles estão com dificuldades, mas de momento não posso ajudá-los... Também me parece que os teus colegas de grupo precisam da tua ajuda.

Hen: Posso?

Inv: Claro. Mas ajudar não é fazer tudo sozinho. Tens de fazer com que percebam a programação. Acho que consegues fazer isso.

Hen: Ok.

Após este momento foi crescente o apoio que o **Hen** prestou aos três grupos de trabalho. Esforçou-se por conseguir programar qualquer um dos robots NXT, bem como por fazer com que os seus colegas pudessem também programá-los eficazmente.

Este episódio enfatiza a importância da mutualidade no engajamento numa determinada prática. De acordo com Wenger (1998) a mutualidade no engajamento contempla as expectativas sobre como interagir com os outros, como tratar e ser tratado pelos restantes e como trabalhar conjuntamente. Como se analisou acima, num determinado momento o **Hen** não estava a revelar mutualidade no seu engajamento. O que os colegas e a investigadora esperavam dele não era o mesmo que ele considerava importante, o que acabou por colocar entraves ao seu envolvimento na prática em curso. Para este aluno o importante consistia em programar o robot que havia construído. A programação de todos os outros robots não era reconhecida como fazendo parte do reportório da sua prática enquanto “programador”. Com efeito, ter de programar outros robots causou-lhe constrangimentos e alguma tensão.

Após ter sido reconhecida ao **Hen** competência para programar qualquer um dos robots bem como conseguir ajudar os restantes colegas a fazê-lo, ele mostrou-se envolvido e começou a apoiar ao mesmo tempo três grupos de trabalho. O facto de a investigadora lhe ter conferido legitimidade para o fazer, uma vez que o considerou competente para tal, representou um ponto de viragem em termos da participação do **Hen**. Com efeito, conferir legitimidade aos aprendizes numa determinada prática, permite-lhes participarem na negociação do que a comunidade considera como engajamento competente. Este aspeto revela-se deveras importante uma vez que enfatiza que o erro e/ou a recusa em atuar podem e devem ser encarados como oportunidades de aprendizagem ao invés de causas de negligência ou exclusão (Wenger, 1998).

A competência está intimamente ligada ao facto de algo ser reconhecido, a nível individual e coletivo, como competência numa determinada prática, revelando responsabilização para e com os empreendimentos comuns que foram definidos. Assim sendo, implica não só ser reconhecido como competente mas também reconhecer que se

tem legitimidade para participar de forma significativa na definição e constante negociação do que se pretende alcançar (Martins, 2012a).

Em ambos os episódios analisados nesta secção verificamos que a atuação dos alunos esteve intimamente relacionada com os seus motivos para a atividade de programar. No primeiro episódio, a programação do robot consistiu e transformou-se quase que num jogo. Passou a ser importante para estes alunos conseguirem prever a programação de um e de outro por observação das ações desempenhadas pelos robots. Saber programar implicava, para estes alunos, ter a capacidade de fazer esta análise de uma forma efetiva e este passou a ser um motivo que os envolveu nas ações que estavam a desempenhar. No caso do **Hen**, o motivo prendia-se nitidamente com a programação do ‘seu’ robot. Contudo, como vimos, o motivo redefiniu-se passando a contemplar a programação de todos os robots NXT, bem como fomentar a interajuda no seio do seu grupo de trabalho de modo a que todos estivessem aptos a programar qualquer um dos robots NXT.

A constante redefinição dos motivos dos alunos emergiu da negociação coletiva acerca do que era considerado importante para que o objeto comum fosse concretizado, ou seja, escrita e dramatização de uma história com robots.

Como já analisamos anteriormente (secção 5.2.) a transformação do objeto, que como já vimos está intimamente relacionado com o motivo para a atividade, pode também conduzir à transformação da atuação do sujeito pelo objeto. A mudança de atuação do aluno **Hen** no ***Episódio: Programando os NXT*** (p. 133) ou a análise feita às ações dos alunos **Mat** e **Rau** no ***Episódio: Programando os RCX*** (p. 131) são elucidativas da forma como o objeto comum conduziu à transformação das atuações individuais destes alunos. Este aspeto revela-se importante na medida em que traz à tona discussões sobre a relação entre o individual e o coletivo (social), frequentemente presentes nas abordagens histórico-culturais.

Conforme salienta Engeström (1999), para compreendermos a ação individual, seja ela a mais localizada e ‘simples’, temos sempre que atender ao coletivo uma vez que ações e operações individuais “(...) are understandable only when interpreted against the background of entire activity systems” (p. 136). Somente ao considerar os sujeitos e as suas ações nessa rede complexa de atividades é que se pode dar sentido ao que os sujeitos fazem, como fazem e porque o fazem. A análise acima efetuada enfatiza as relações existentes entre as ações e os motivos dos sujeitos (Engeström, 1999),

consideradas no âmbito da atividade coletiva, e a definição de um regime de competência (Lave & Wenger, 1991).

5.4. O robot como artefacto mediador na negociação conjunta de significados por alunos de turmas de anos distintos

Em ambas as turmas os alunos já estavam habituados a realizar trabalhos em grupo, portanto, já existiam normas subjacentes a esta dinâmica de trabalho que estavam subentendidas nas formas de atuar de muitos alunos. Contudo, em nenhum outro projeto os alunos tiveram a oportunidade de trabalhar com colegas de outra turma, e este representou o momento em que alunos de 2.º e 3.º anos tiveram de aprender a trabalhar em conjunto, reformulando e reajustando as suas formas de atuar e normas anteriormente definidas.

O projeto foi desenvolvido com alunos de duas turmas, de dois anos distintos, vindos de duas práticas de sala aula, que em determinados aspetos eram também elas diferentes. “No projeto conjunto com robots, os alunos encontraram formas que facilitaram a negociação conjunta, vivendo e respeitando as suas diferenças e coordenando as suas aspirações individuais ao longo de todo o processo” (Martins & Fernandes, *in press*).

Na transcrição seguinte, uma aluna do 3º ano, **Hel**, explica em que é que este projeto foi diferente dos que já tinha realizado anteriormente:

Hel.: Nos projetos que realizávamos antes, íamos à internet pesquisar... Aqui não! Construimos robots e uma história. Este projeto é diferente porque eu nunca tinha mexido em robots, nunca tinha programado e nunca tinha trabalhado com o 2.º ano.

Inv.: Foi importante trabalhar com os meninos do 2.º ano?

Hel.: Sim. Os meninos do 2.º ano ajudam porque também têm muitas ideias!

Dos diálogos estabelecidos com os alunos denotamos que a sua motivação para realizarem as tarefas propostas prendeu-se não só com o facto de estarem a construir e programar robots, mas também por terem a oportunidade de trabalhar com colegas de outra turma, os quais já conheciam. Verificamos, também, que normas relativas ao trabalho colaborativo, trazidas de outras práticas específicas de cada uma das turmas, foram igualmente incluídas e renegociadas no projeto com os robots, sendo um aspeto que caracterizou igualmente a prática neste domínio.

A construção dos robots foi o primeiro momento de trabalho conjunto dos alunos, organizados em pequenos grupos, onde, pela primeira vez, alunos de ambas as

turmas coordenaram esforços para realizar algo conjuntamente. A divisão de tarefas nos grupos, no que concerne à construção e montagem dos robots, partiu dos alunos. Verificou-se que os diferentes grupos de trabalho organizaram-se de forma distinta, sendo que alguns grupos tiveram mais facilidade em estabelecer a divisão de tarefas do que outros.

No processo de negociação de tarefas e responsabilidades, no seio dos grupos de trabalho, foram vivenciados pelos alunos alguns constrangimentos, conflitos e tensões. Alguns fatores foram determinantes para o surgimento de tais tensões, tais como: *i)* estarem a construir robots pela primeira vez (isso gerou grande curiosidade e, como tal, todos queriam ter oportunidade de o fazer. Alguns alunos tiveram dificuldade em dar a vez a outro colega para que este seguisse as instruções de montagem, e a construção fosse de alguma forma coletiva); *ii)* os alunos desconheciam muitas das peças que estavam a ser utilizadas (ao se enganarem num determinado passo da construção tinham que desfazer o que já estava feito para que o robot ficasse bem construído. Tal exigiu alguma determinação); *iii)* alguns modelos de robots disponibilizados eram bastante elaborados (possuíam instruções de montagem com muitos passos, que exigiam muita persistência).

Com o decorrer das sessões de trabalho conjuntas, os alunos encontraram formas de trabalho que lhes permitiram concluir a montagem dos seus robots. Existiram grupos nos quais alguns alunos ficaram responsáveis por separar as peças necessárias em cada passo da construção, enquanto outros se responsabilizaram pela montagem. Ao longo do processo, essas funções iam-se alterando para que todos tivessem oportunidade de construir uma parte do robot. Em outros grupos, essas funções mantiveram-se do princípio ao fim. Nalguns grupos de trabalho cada aluno, ou par de alunos, concretizava um passo da construção do robot, para que todos tivessem oportunidade de seguir as instruções de montagem.

Em qualquer um dos casos, foram encontradas formas de trabalho colaborativo que permitiram que cada aluno, no seu grupo, tivesse conhecimento, com maior ou menor grau de profundidade, acerca de como o seu robot foi construído, da sua robustez ou fragilidade, das peças que o compõem, dos motores e sensores utilizados e de que forma estes se posicionam no robot²⁰.

²⁰ Esse conhecimento revelou-se importante para uma programação mais eficaz dos robots (Martins, 2013a; Martins & Fernandes, 2015c). A importância da construção dos robots pelos alunos será mais

As tensões acima descritas, vividas pelos alunos neste e noutros momentos (ver **Episódio: Programando os NXT** (p. 133)), colocaram os alunos num processo que lhes exigiu atuar com algum grau de intencionalidade, mobilizando reflexão crítica e responsabilização sobre e pela sua atividade. A capacidade de enfrentar coletivamente essas tensões, permitiu aos alunos gerar novas soluções e, desta forma, alargarem as potencialidades da atividade que unia o coletivo.

A atitude e a motivação dos alunos para que as suas ações individuais, mesmo que no seio do grupo, pudessem convergir num projeto de cooperação conjunta, evidenciam o que Engeström (1999, 2001) considera como um movimento de transformação, sendo que o objeto, para estes alunos, correspondia à dramatização de uma história escrita conjuntamente. Tal partilha de ações e decisões ajudou a construir o ideal de cooperação coletiva (Engeström, 1999), sendo que as ações individuais foram reformuladas e revisitadas à medida que os alunos se envolveram nas várias fases de implementação do cenário de aprendizagem.

A par da negociação das regras de funcionamento e divisão de trabalho nos diferentes grupos, observou-se, também nesta fase de construção dos robots, a negociação conjunta de significados matemáticos.

Episódio: Construção dos robots

Atendendo às suas peças constituintes, acreditávamos que os *kits* de robótica seriam um bom material para que os alunos explorassem e alargassem significados matemáticos, referentes à noção de grandeza e medida e ao sentido espacial. Com efeito, verificamos que durante a montagem dos robots, nos diferentes grupos de trabalho, os alunos necessitaram contar e comparar peças, medir umas utilizando outras como referência, comparar tamanhos e características de peças da mesma espécie, posicionar peças e conectá-las de acordo com os esquemas presentes nas instruções de montagem. Todos estes aspetos contribuíram para o desenvolvimento de noções relacionadas com a grandeza e medida, bem como com o sentido espacial, enunciadas no Programa de Matemática do Ensino Básico (Ponte, Serrazina, Guimarães, Brenda, Guimarães, Sousa, Menezes, Martins & Oliveira, 2007), tais como:

- “(...) compreender que, por exemplo, o comprimento de um objecto ou a sua massa não mudam quando se altera a sua posição.” (p. 21);

profundamente discutida mais à frente (**Episódio: Programando a Aranha Há** (p.142); **Episódio: Programando o Lama 3000** (p. 156)).

- “(...) comparar grandezas em vários objectos, ordená-los e agrupá-los por classes de equivalência (por exemplo, *Ter o mesmo comprimento que...*).” (p.21)
- “(...) relacionar objectos segundo a sua posição no espaço.” (p.22)

utilizar correctamente, e em contextos reais, os termos “(...) à esquerda, à direita, em cima, em baixo, atrás, à frente, entre, dentro, fora, antes, depois.” (p. 22)

Certamente se tivéssemos levado os robots já construídos perderíamos esta oportunidade para que estes significados matemáticos fossem negociados no seio desta prática. Contudo, a importância da construção do robot pelos alunos ultrapassa a questão da emergência da matemática que se deu no momento da sua construção.

Existem dois importantes aspetos que gostaríamos ainda de ressaltar, relacionados com o facto de ter sido dada oportunidade para que os alunos pudessem criar os seus robots, ao invés de lhes ter sido fornecido robots já construídos.

Por um lado, a construção do robot mostrou-se importante no trabalho subsequente em termos da programação do robot. Analisemos os seguintes diálogos, ocorridos durante a programação dos robots:

Episódio: Programando o Cão

Este episódio refere-se a um dos primeiros momentos em que o grupo que construiu um dos cães estava a programá-lo. O programa feito pelos alunos era composto por vários blocos, sendo que uns se referiam à utilização de sensores e outros ao funcionamento dos motores.

Inv: Podem dizer-me o que o robot vai fazer quando passarem esse programa para o robot?

Seb: Ainda não passámos.

Inv: Sim, mas quando passarem.

Din: Ainda não temos o cabo. Temos que ter um.

Inv: Ok. Mas digam-me, fazem noção do que o robot irá fazer?

Seb: Tem aqui coisas que não percebo mas com este aqui [apontando para um bloco que expressava ações a serem desempenhadas pelos motores] eu acho que o robot vai-se mexer.

Inv: Porquê?

Seb: Como estas peças são iguais a estas, pensamos que ele se vai mexer.

Inv: Aconselho-vos a testar então esse bloco ‘sozinho’ a ver se realmente faz o robot se mexer.

As peças a que o aluno **Seb** se referia eram as roldanas que aparecem no bloco da programação referentes às ações dos motores. Por terem construído os robots, os

alunos sabiam que essas roldanas estavam também presentes nas articulações das patas do seu robot, estabelecendo a conexão entre as patas do cão e os motores que faziam-nas mexer. Esta analogia permitiu aos alunos suspeitarem de que estes blocos com as roldanas eram os responsáveis pelas ações motoras a serem desempenhadas pelo robot. O que acabou por se verificar.

O facto de os alunos terem construído o robot permitiu que tivessem conhecimento das peças que o compõem e das funções que estas desempenham no robot. Esse conhecimento revelou-se importante no momento da sua programação.

Salientamos ainda que o facto de não ter sido ‘explicada’ a programação aos alunos fez com que estes tivessem necessidade de explorar o ambiente de programação efetuando testes na sua programação de modo a descobrir por eles próprios quais as ações que os diferentes blocos de programação produziram em termos de ações dos robots.

Episódio: Programando a Aranha Há

Uma equipa responsável pela programação dos NXT estava a programar o Lama e a aranha Há. Nenhum destes alunos tinha construído a aranha, mas dois deles tinham construído o Lama. A aluna ‘Bea’ (aluna da equipa de filmagem) estava com a câmara de vídeo a questionar o que o grupo estava a fazer.

Bea: O que estão a fazer?

Ser: Esta aranha é esquisitóiode.

Hen: Estamos a programar estes robots e este robot pelos vistos não deve estar muito bom... Não tem força para segurar o seu próprio peso. [referindo-se à aranha]

Art: Põe ele a andar... [Quando a aranha andou soltou-se uma perna]

Hen: Estas peças soltam-se.

Ser: Dizem que é por causa de andar depressa mas já pusemos no 20 e tal...

Hen: E parece um camelo... [terminando a frase do **Ser**]. Não se mexe. [risos]

Ser: Eles quem?

Hen: Os que fizeram a Há. Eles dizem que não pode ser com muita potência. Que ela é frágil e que desmonta-se logo.

Art: O nosso Lama cá não tem problemas... Em baixo não é patas mas sim rodas.

Uma das regras no sistema de atividade coletiva era que os alunos das equipas de programação de cada um dos modelos dos robots fossem, respetivamente,

responsáveis pela programação de todos os robots desse modelo. Tivessem construído o robot que estavam a programar, ou não.

Como vimos anteriormente (*Episódio: Programando os NXT* (p. 133)) esta regra foi vivida pelo **Hen** como sendo uma imposição. A escolha de pertencer à equipa de programação do modelo NXT partiu do aluno, contudo, o facto de ter de programar todos os robots NXT, além do seu, causou-lhe alguma tensão, gerando uma mudança no seu posicionamento. A resolução desse conflito conduziu a uma transformação nas ações individuais levadas a cabo pelo **Hen**. O **Hen** passou a cooperar com os colegas de equipa na programação de todos NXT. No episódio acima estavam a programar a aranha Há, apesar de não ter sido construída por nenhum dos envolvidos.

Como não tinham construído a aranha estavam a utilizar na potência e tempo de ação dos motores uma programação idêntica à experimentada para o seu robot (o Lama). O facto de não terem construído a aranha fez com que desconhecessem as suas fragilidades e o tipo de *output* que uma determinada programação poderia produzir. Só se aperceberam quando estavam a programar e discutiram com o grupo que a tinha construído formas de ultrapassar essa situação.

Em outros momentos em que os alunos estavam a programar foi igualmente evidente que a construção do robot assumiu particular relevância em termos da sua programação, pois existia um melhor conhecimento acerca da morfologia do robot construído. Ao programarem um robot que construíram, os alunos possuíam um melhor conhecimento acerca do posicionamento dos motores e sensores e do tipo de *outputs* que estes produzem quando programado. Conheciam também a robustez e/ou fragilidades do modelo que estavam a programar. Verificou-se que estes aspetos foram determinantes nas opções tomadas em termos de programação (Martins, 2013a). Uma forma encontrada pelos alunos responsáveis pela programação para ultrapassar esta situação foi frequentemente dialogarem com os alunos que tinham construído determinado robot para discutirem as suas características.

Mas a importância da construção do robot pelos alunos ultrapassou o conhecimento da sua morfologia, aspeto importante no momento de o programar. A sua construção fez igualmente com que os alunos estabelecessem uma relação muito próxima com este artefacto.

Como referimos anteriormente, em grupos, os alunos construíram os robots de acordo com as suas preferências e atribuíram-lhes as características físicas e em termos de personalidade, que consideravam melhor se adequar ao robot construído. Nesse

processo estabeleceram canais de comunicação e estratégias de divisão do trabalho, sendo que no final o robot construído por cada grupo passou a representar uma ‘personagem’ criada no seio do grupo que ultrapassou a parte física do artefacto. Vejamos alguns diálogos de diferentes grupos nas sessões em que os alunos criaram os seus robots:

Episódio: Difralema

Inv: Como se chama o vosso robot?

Fra: Difralema.

Inv: Difralema? Que nome engraçado!

Fra: Pusémos ‘Di’ de Diogo, ‘fra’ de Francisca, ‘Le’ de Leonor e ‘ma’ de Matias.

Inv: Muito bem! São as partes iniciais dos vossos nomes.

Episódio: Robot Lutador

Inv: O vosso robot é muito interessante. Como se chama ele?

Alunos: Lama 3000.

Inv: E o que faz o vosso robot?

Hen: É um lutador!

Edu: Não gosto muito disso. Acho que ele deveria ser amável.

Hen: Se colocarmos que é amável, não poderá ser lutador... Além disso, já escolheram o nome dele, agora posso escolher como ele é.

Mad: Ok, fica lutador. Depois escolhemos mais coisas.

Edu: Então acho que ele deve viver em Portugal Continental, no Porto.

A aluna **Edu** não estava muito satisfeita com o facto de o robot ser lutador, no entanto, o **Hen** encontrou argumentos para que tal atributo fosse aceite, trazendo à discussão o direito de todos em escolher uma ou outra característica para o robot. Essa passou então a ser a forma como as características do robot foram atribuídas neste grupo.

Episódio: Robot Futebolista

Fra: E se ele for futebolista?

Le: Futebolista, yah! Podias pôr uma bola e ele jogava

[Aluno **Le** fez movimento com o braço, tentando reproduzir o movimento esperado pelo robot.]

Fra: Ou então basquetebolista. Ele só tinha de chegar e...

Le: Tu jogas basquetebol, não é? Eu também.

Lu: Vá... Quem quer que ele seja futebolista?

[**Le** abana a cabeça em sinal de negação.]

Art: Eu quero que ele jogue bowling.

Le: Bowling? Mas ele nem numa bola consegue pegar!

Lu: Vá..., então? Quem é que quer que ele jogue futebol?

Neste grupo cada um dos elementos teve oportunidade de escrever acerca das características do robot, no entanto, estas foram previamente negociadas no seio do grupo antes de serem escritas. No momento do diálogo acima transcrito era o **Lu** que estava incumbido de escrever, por isso estava constantemente a questionar se os restantes colegas tinham chegado a um acordo. Uma vez que o consenso não foi estabelecido, o **Lu** considerou que possuía legitimidade para decidir que o robot seria futebolista pois, naquele momento, era ele o responsável pela escrita.

Posteriormente foi decidido conjuntamente que o robot teria 18 anos de idade. Quando chegou à vez do **Le** escrever – aluno que queria que o robot fosse basquetebolista – questiona se pode escolher o dia em que o robot faz anos. Os restantes elementos do grupo concordaram e o aluno escreveu na folha: Nasceu a 2 de fevereiro. Os diálogos acima transcritos mostram evidências do tipo de negociação estabelecida, não só nestes, mas entre os alunos dos diferentes grupos de trabalho. Evidencia, igualmente, “ (...) a forma como os robots construídos apresentam características físicas e psicológicas que reificam a participação dos alunos em diferentes práticas, associadas ao trabalho com os robots, ou não” (Martins & Fernandes, 2015c, p. 349). No **Episódio: Robot Futebolista** a escolha da atividade profissional do robot esteve relacionada com o facto de os alunos praticarem desporto e falarem acerca disso. Por outro lado, o conhecimento das potencialidades e limitações do robot que tinham construído fez com que colocassem de parte a ideia de o robot ser jogador de Bowling, uma vez que foi comumente aceite que o robot não conseguiria segurar numa bola.

O facto de os robots terem sido construídos de génese pelos alunos revestiu-se de grande importância para eles, “ (...) uma vez que estes artefactos assumiram características muito específicas, que reificam uma prática que, para eles, foi muito significativa” (Martins & Fernandes, 2015c, p. 354). A forma como dividiram tarefas ao seguir as instruções de montagem, como escolheram os adereços a colocar nos robots – antenas, patitas, olhinhos, ... – os seus nomes, ou as características em termos de personalidade dos robots, resultaram da tomada de opções conjuntas, negociadas no seio de cada grupo de trabalho.

Analisando o trabalho realizado nos diferentes grupos de trabalho, verificamos que os robots foram construídos daquela forma e com aqueles atributos porque os alunos assim o negociaram. Não resultou de uma imposição ou sugestão externa que um determinado robot fosse uma joaninha ou um outro inseto, gostasse de comer guloseimas ou detestasse água, adorasse cozinhar, detestasse ficar de castigo no quarto ou se chamasse Difralema, como no diálogo acima transcrito.

Estes robots assumiram estas características porque os alunos assim o entenderam. Foram o resultado de um processo que deu forma à experiência vivida, produzindo objetos que congelaram essa experiência numa ‘coisa’. Isto é assumiam-se como reificações desta prática. As características atribuídas aos robots (em termos físicos e em termos de personalidade na criação de uma personagem) representam de acordo com Fernandes (2013a) a *personificação do robot* e “(...) ajudam os alunos a encontrar motivos para se envolverem na sua aprendizagem” (p. 159).

Ao criarem os personagens e escreverem a história com os robots, as crianças falaram da sua própria realidade, projetaram as suas identidades, fazendo realçar o seu reportório acumulado de vivências, aspirações, sentimentos e experiências, anteriormente vivenciados. Esse processo social, situado em um contexto específico, molda a participação dos alunos e a forma como o conhecimento é construído (Martins & Fernandes, 2015c).

Para alguém alheio a esta prática, os robots construídos certamente representam ‘apenas’ robots. Para os envolvidos no projeto (alunos e professoras), estes robots carregaram uma história desta prática. Na verdade, reificam a história de participação nesta prática. Isso faz com que os envolvidos os ‘vejam’ com outros olhos.

Mas o robot não se assumiu como reificação desta prática no momento em que se findou a sua construção. A reificação é um processo contínuo que acompanha, a par e passo, a participação. Com efeito, reificação e participação são indissociáveis (Wenger, 1998).

O robot foi-se transformando, ao longo do tempo, numa reificação desta prática, na medida em que a sua inclusão foi moldando a participação e o engajamento dos envolvidos. Neste caso, alunos e professoras.

Nos episódios abaixo encontramos evidências da forma como os robots transformaram a atividade matemática escolar dos alunos de ambas as turmas, ou seja, a forma como estes alunos negociaram significados matemáticos nesta prática.

Episódio: Lama 3000

O Lama 3000 foi definido pelo grupo que o construiu como sendo um robot matreiro, que adorava arrelhar os restantes. Essas características acabaram por moldar a escrita da história.

Na história escrita, o Lama 3000 raptou um dos robots e escondeu-o num local secreto, para o qual seria necessária uma palavra-passe de acesso. O grupo de alunos responsável pela escrita da história quis utilizar o número 3000 como sendo o código que permitia aceder a essa passagem secreta. Quando os alunos discutiam o código a utilizar, repararam que ‘3000’ seria muito óbvio. Uma aluna de 2.º ano sugeriu a escrita do número em numeração romana (MMM). Depressa constatarem que, desta forma, o código ainda era demasiado óbvio. Vejamos o referido pela aluna de 2.º ano numa entrevista:

Ant: Queríamos usar o MMM, mas trocando a ordem não mudava. Ficava sempre igual. Então alguém do 3.º ano sugeriu usarmos outro sistema de numeração.

Inv: Eles [alunos da outra turma] conheciam outros sistemas, era?

Ant: Sim, tinham feito um projeto dos números e tinham pesquisado na internet.

Inv: Então decidiram-se pela numeração Maia, foi?

Ant: A Leo foi pesquisar a numeração Maia e depois trouxe os símbolos e achamos bem. Fizemos as contas dos símbolos e deu o 3000. Depois, enquanto uns continuaram a escrever a história, nós começamos a ‘desordená-los’ para ver qual a ‘desordenação’ que podíamos usar no código... Para os outros não perceberem que era o número 3000.

No diálogo acima, observamos que os alunos envolvidos na escrita da história chegaram a um entendimento comum no que diz respeito à utilização de um código. Na discussão do possível código a usar, trouxeram para esta prática, elementos das suas práticas matemáticas escolares enquanto alunos de turmas distintas, nomeadamente a possibilidade de utilização de diferentes sistemas de numeração, trazido pelos alunos de uma das turmas.

De acordo com Lave e Wenger (1991) todos nós, na nossa experiência quotidiana de viver no mundo, agimos e produzimos conhecimento, fruto da participação em diferentes práticas sociais. Assim, o processo de negociação do significado numa determinada prática implica a interação e aproximação dos envolvidos, baseada na partilha e reconhecimento mútuos de saberes, apesar dos envolvidos possuírem referências e expectativas pessoais distintas.

Como podemos observar na análise do episódio acima descrito, as interações estabelecidas entre os alunos de ambas as turmas basearam-se no intercâmbio de

significados matemáticos, a partir do qual os alunos renegociaram e produziram novos significados. Podemos destacar, neste caso particular em análise, a compreensão por parte dos alunos do efeito da utilização de um sistema de numeração cuja combinação dos seus símbolos – ‘desordenação’ na linguagem da aluna – acabou por satisfazer as suas intenções, ou seja, a utilização de um código baseado no nome do robot.

Salientamos ainda que o sistema de numeração utilizado, ao contrário do nosso, não é um sistema decimal mas sim um sistema de base 20. A análise efetuada pelos alunos aos símbolos utilizados na escrita do número 3000 em numeração Maia propiciou a ampliação do seu conhecimento matemático acerca do valor posicional de um algarismo num número escrito num determinado sistema de numeração.

Analisando a prática resultante da implementação do cenário de aprendizagem, observámos que durante as sessões conjuntas existiram vários momentos (como o acima analisado) em que a negociação de significados matemáticos emergiu do facto de alunos de turmas distintas, de níveis de escolaridade distintos, estarem a trabalhar conjuntamente.

No episódio analisado é bem visível que o conceito matemático emergiu, diretamente do trabalho com o robot, apesar de este não estar presente fisicamente (os alunos estavam a escrever a história). A utilização do nome do robot para criar um código conduziu à análise da escrita do número 3000 em diferentes sistemas de numeração. Esse processo conduziu à negociação de significados matemáticos relativos à ordenação numérica e ao valor posicional dos algarismos de um número em diferentes bases. O conhecimento dos alunos acerca da escrita de um número em diferentes sistemas de numeração, e consequentemente em diferentes bases numéricas, transformou-se. Fruto do trabalho com o robot. O robot foi a ferramenta mediadora neste processo. O trabalho com este artefacto transformou a forma como os alunos trabalharam estes significados matemáticos.

A negociação de significados matemáticos subjacente ao trabalho com robots ficou patente em muitos outros momentos. Vejamos o sucedido no segundo momento de implementação do cenário, quando os alunos estavam a produzir o filme.

Neste momento, os alunos de ambas as turmas construíram nas suas aulas de expressão plástica os elementos físicos necessários às filmagens.

Após negociação conjunta, ficou decidido que a turma de 3.º ano ficaria responsável pela construção da maquete correspondente ao ‘chão’ onde se iriam mover os robots e a turma de 4.º ano construiria os cenários ‘verticais’ correspondentes aos

diferentes espaços físicos onde decorreriam as filmagens (restaurante, interior e exterior de um castelo, jardim, etc.). Os alunos também manifestaram interesse na possibilidade de trabalharem conjuntamente nas aulas de expressão plástica, isto é, qualquer aluno de uma destas turmas poderia, caso manifestasse interesse, frequentar as aulas de expressão plástica da outra turma. As professoras anuíram a este pedido, referindo que estabeleceriam o contacto com os professores de expressão plástica para que tal fosse possível. Com efeito tal acabou por acontecer e alunos de ambas as turmas trabalharam também conjuntamente nas aulas de expressão plástica.

Apesar de estarem nas aulas de expressão plástica, as aprendizagens realizadas não se confinaram a essa área curricular. O episódio “Trajetórias dos Robots” que abaixo se analisa, ilustra este aspeto.

Episódio: Trajetórias dos robots

Nas suas aulas de expressão plástica, os alunos do 3.º ano mostraram interesse em pintar na maquete ruas e rotundas, sobre as quais os robots se iriam deslocar.

Atendendo ao facto de que seria interessante que nos diferentes cenários a disposição das ruas não fosse sempre a mesma, a investigadora sugeriu que fossem utilizadas tiras de cartolina preta, representando as ruas nas quais os robots se movimentariam. Desta forma, a disposição das tiras sobre a maquete poderia ser facilmente alterada. Os alunos e o professor de expressão plástica concordaram.

A investigadora preparou as tiras de cartolina e ao observar a forma como os alunos colocavam as ruas sobre o ‘chão’ onde se iriam mover os robots, considerou que este seria um bom momento para trazer à discussão a posição relativa de retas no plano. O mesmo lhe ocorreu no que diz respeito ao estudo da circunferência, a partir da colocação das rotundas na maquete.

Ao contrário dos alunos de 4.º ano, os alunos do 3.º ano não tinham ainda aprendido como classificar as retas quanto à sua posição no plano, nem tinham ainda explorado as características e elementos da circunferência. Analisemos como estes significados matemáticos foram negociados (Wenger, 1998) na prática decorrente da implementação do cenário e de que forma o robot, enquanto artefacto mediador na aprendizagem (Vygotsky, 1978; Engeström 1987, 1999, 2001) moldou a forma como os alunos se apropriaram destes conceitos.

Inv: A forma como querem colocar as ruas no ‘chão’ da maquete pode advir daquilo que vocês querem que os robots façam. Imaginemos, por exemplo, que eu tinha dois robots em estradas distintas, e não queria que eles se encontrassem... Como é que íamos colocar essas estradas?

Ine_3: Poderíamos coloca-las assim. [aluna coloca no chão as tiras de papel, representando duas ruas paralelas]

Inv: Muito bem. Acham que resolveria a nossa situação?

Mat_3: Eles [robots] indo assim direitinhos nunca se encontram...

Fran_4: Em estradas oblíquas esses robots nunca se vão encontrar...

Inv: Estradas oblíquas? O que estás a querer dizer com isso?

Fran_4: Estradas que nunca se encontram [exemplificando com os seus braços, em posição paralela]

Mar_4: Isso são paralelas.

Fran_4: Já tou trocando outra vez. Fiz isso há dias e já estou trocando outra vez...

Mar_4: As oblíquas são outras...

Inv: E o que são as oblíquas?

Fran_4: Oblíquas são duas linhas que se cruzam e todos os ângulos entre as linhas são de 90° .

Inv: São de 90° ? [Ouve-se um burburinho] Sim ou não? Quem ia acrescentar as oblíquas, era isso que ia referir?

Fran_4: Já tou trocando outra vez.

Professora 3.º ano: Os meus meninos ainda não deram os ângulos... [dirigindo-se à investigadora].

Inv: Mas se calhar, não entrando ainda em ângulos, podíamos olhar para os lados dos quadrados que compõem o 'chão' da maquete. O que é que podemos dizer acerca destes dois lados do quadrado? [referindo-se a dois lados paralelos de um quadrado]

Vários alunos: Paralelos.

Inv: E os outros que estão assim? [referindo-se a dois lados perpendiculares de um quadrado]

Bea_3: Já não são paralelos. Se os robots estivessem aí encontravam-se.

Jes_3: São duas linhas que unem-se e fazem um vértice.

Inv: Mas não formam um vértice de uma forma qualquer, pois não? Se eu quisesse, eu agarrava numa folha de papel, vinha aqui encaixar [a investigadora exemplificou com uma folha] e encaixava direitinha neste cantinho, não era?

Fran_4: São os tais ângulos de 90° .

Inv: E alguém sabe dizer-me como se chamam os lados que fazem esta esquininha perfeita? Estes ângulos de 90° que o **Fran** fala?

Bea_4: São perpendiculares. Esses são perpendiculares.

Inv: Mas eu até poderia ter peças nestes moldes, cujos lados não fossem perpendiculares. Vou pensar neste vértice deste esquadro, boa? Se eu vos perguntasse, esta linha e esta linha, elas são perpendiculares?

Vários alunos: Não.

Inv: Porquê?

Bea_4: Não, elas não fazem um ângulo reto. Uma esquina perfeita.

Inv: Não fazem um ângulo reto. Queres vir cá mostrar com esta folha rosa, para os teus colegas verem? [Aluna dirigiu-se junto do quadrado e exemplificou]

Inv: Então as linhas que formam as esquininhas perfeitas, em que encaixa a folhinha de papel direitinha, como é que se chamam?

Vários alunos: Perpendiculares.

Inv: E estas? Assim? Quando se tocam mas não se encaixa na folhinha de papel... Ou estavam mais fechadas (exemplifiquei com os dois indicadores) ou estavam mais abertas do que a folha de papel? Como é que se chamam...? [A investigadora esperou uns segundos...] Aquilo que o Francisco nos tinha dito há pouco...

Franc_4: As oblíquas.

Analisando o relato anterior, podemos observar que existiu uma forte conexão entre a posição que as ruas (representativas de retas) foram colocadas no chão e a trajetória que os alunos pretendiam que os robots assumissem quando programados para se deslocarem nessas mesmas ruas. A noção de paralelismo esteve intimamente relacionada com o facto de pretenderem que dois robots não se encontrassem quando se deslocassem sobre duas ruas. Os alunos consideraram que a melhor forma de o garantir seria optar por esse posicionamento. No entanto, concluíram igualmente que, mesmo se deslocando em duas ruas não paralelas, os robots poderiam não se encontrar. Esta questão foi trazida à discussão por um aluno, ao afirmar que, neste caso, bastaria que um dos robots estivesse programado para andar mais rápido que o outro. Esta constatação veio de um aluno do 3.º ano, e não será alheia ao facto desse aluno pertencer à equipa de programação dos robots. O conhecimento do efeito da programação do robot no movimento do mesmo foi trazido por este aluno como suporte à argumentação por ele apresentada.

Analisando a forma como se deu a negociação destes significados matemáticos podemos ainda enfatizar o papel do robot enquanto recurso estruturante desta prática matemática escolar.

No episódio acima, o robot, no que diz respeito à compreensão por parte dos alunos da trajetória assumida quando programado para se deslocar sobre as tiras de cartolina, serviu como um artefacto para pensar e agir e, por conseguinte, transformou a maneira como os alunos raciocinaram e comunicaram sobre os conteúdos matemáticos. Com base no proposto por Engeström (1987, 1999), esta atividade pode ser esquematizada da seguinte forma:

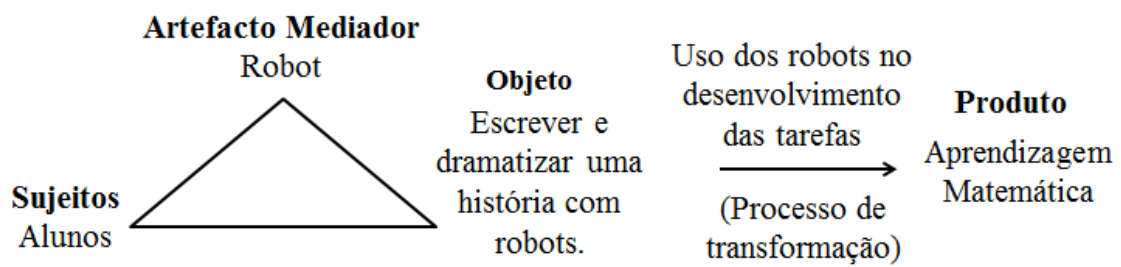


Fig. 10 – Robot como ferramenta mediadora na aprendizagem matemática dos alunos.

O robot, enquanto artefacto de mediação, representa muito mais do que algo que está a ser utilizado na interação entre o aluno e os conteúdos matemáticos em causa (posição relativa das retas e/ou noções temporais e espaciais).

Na realidade, o episódio enfatiza que, nessa interação, os conteúdos matemáticos surgem inerentemente de uma forma única e concreta nas ações levadas a cabo com este artefacto, nomeadamente a sua programação. Neste sentido, os dados levam a acreditar que quando os alunos usaram os robots neste cenário de aprendizagem para pensarem sobre conteúdos e propriedades matemáticas, a sua atividade foi mediada de forma particular por estes artefactos (Wertsch, 1991).

A análise do episódio acima apresentado mostra-nos que para os alunos de ambas as turmas o posicionamento das retas paralelas e o efeito que estas teriam em termos das trajetórias assumidas pelos robots parecia estar muito claro. No entanto, a utilização do termo matemático subjacente à definição matemática que estavam conjuntamente a construir – retas paralelas – partiu dos alunos de 4.º ano. A negociação deste significado comum adveio do facto de os alunos de 4.º ano trazerem para esta prática, elementos de outras práticas, nomeadamente do trabalho feito em sala de aula relativamente a este conteúdo matemático. O processo de negociação destes significados fez com que os alunos de 4.º ano tivessem oportunidade de os clarificar para eles próprios, ao terem que explicitá-los para outros.

Da mesma forma que os alunos trouxeram para esta prática, elementos das suas práticas de sala de aula – caso da posição relativa das retas acima discutida e da noção de ângulo também evidente no episódio acima transcrito – existiram igualmente momentos em que o que se discutiu e explorou na sala de aula adveio do trabalho realizado no projeto com os robots.

Com efeito, cada aluno, enquanto membro da sua turma, pertence a um sistema de atividade referente à atividade coletiva no seio dessa turma. Como tal, naturalmente trouxe para a atividade coletiva desenvolvida neste projeto, elementos de outras atividades, nomeadamente da prática da matemática escolar da sua turma. Evidência disso foi o sucedido com o estudo da circunferência e do círculo.

Episódio: Rotundas na Maquete

Como referido anteriormente, em paralelo à colocação das ruas (retas) na maquete, também os alunos quiseram colocar rotundas. A investigadora acompanhou as aulas da curricular da turma de 3.º ano, para apoiar a discussão da construção destes elementos.

Inv: Vamos então agora pensar nas nossas rotundas. Para tal eu trouxe algo. [E mostra um círculo em cartolina preta]

Alunos: Rotundas!

Inv: E que forma geométrica é esta?

Alunos: Círculo.

Inv: Verdade, são círculos. Trouxe estes grandes pretos e estes mais pequenos brancos.

Chi: Podemos usar um círculo pequeno, no meio desse grande e fazemos uma rotunda.

Ser: Mas tem que ser no meio não pode ser no lado...

Inv: Podemos usar bostick aqui no quadro, pode ser? E assim mostrem-me o que estão a tentar dizer. [A investigadora prendeu o círculo maior ao quadro e pediu ao aluno **Tom** que viesse colocar o menor, como os colegas estavam a sugerir. O aluno colocou o círculo menor no interior do maior.]

Inv: Como sabemos que o círculo menor está mesmo no meio?

Mar: Usa a régua e mede à volta, a distância entre o círculo pequeno e o grande.

Tom: Tem 12,8cm neste lado. E noutro lado tem... 11cm e 3mm. É preciso baixar deste lado o mais pequeno. Para acertar.

Jes: Isso vai dar muito trabalho. Tom dobra-se os círculos.

Inv: Não te agradam estas tentativas?

Jes: Não. Eu acho que dobrávamos o círculo preto e achávamos o meio...

Ser: E o mais pequeno já tem um ponto. A professora deixou um ponto no meio. Mede **Tom** para ver se esse ponto é no meio... [**Tom** fez várias medições]

Inv: Bem visto **Ser**. Esse ponto realmente está no meio. A esse ponto chamamos o centro do círculo.

Ine: Dobramos o grande primeiro. Em metade e depois em quatro e também temos o meio.

Inv: Muito bem. Assim também temos o centro do círculo grande.

Quando foram feitas as dobragens ao círculo maior os alunos referiam que, com elas, obtinham partes do círculo que correspondiam a metades e à sua quarta parte. O círculo menor também foi dobrado por um aluno e os restantes confirmaram que o ponto assinalado era efetivamente o centro desse círculo. Com o círculo dobrado em quatro partes, a investigadora questionou se os alunos sabiam como se denominava a figura geométrica obtida:

Hen: É um triângulo.

Mat: É um cone.

Bea: Cone não é, pois isso não é um sólido geométrico.

An: Esta não tem volume, é uma figura.

Inv: Muito bem, não estamos perante um sólido mas sim de uma figura. [Professora foi buscar um cone para os alunos tirarem as dúvidas de que não se tratava de um cone] E pode ser um triângulo?

Jes: Não professora pois tem uma aresta curva.

Inv: Não podemos falar em aresta pois não estamos perante um sólido. Estamos a falar de um lado de uma figura geométrica. E **Jes** tens toda a razão, este lado é curvo.

Ine: É a quarta parte do círculo, professora.

Inv: Tens razão **Ine**. E por ser uma parte de um círculo, chamamos em matemática de setor circular. Mas atenção, não precisava ser sempre a quarta parte do círculo para se chamar de setor circular.

A investigadora fez mais uma dobragem para os alunos verem outros setores. Na análise das dobragens, outros significados matemáticos foram negociados, p. e., raio, diâmetro e cordas. A investigadora propôs aos alunos que fizessem o registo no caderno dos conceitos trabalhados e para tal iriam necessitar construir círculos de modo a os identificarem. A investigadora questionou os alunos acerca da forma como iriam construir os círculos nos seus registos. Alguns alunos responderam que normalmente utilizavam uma tampa de um recipiente. A investigadora incentivou os alunos a, desta vez, utilizarem um instrumento para o efeito – o compasso. Para tal, deu uma breve explicação de como utilizar o compasso, uma vez que esta era a primeira vez que os alunos utilizavam este instrumento.

Numa primeira fase os alunos utilizaram o compasso de uma forma livre para desenharem círculos de diferentes raios e diâmetros. Numa fase posterior, a professora e a investigadora incentivaram os alunos a construirem círculos com diâmetros ou raios estipulados. Finalmente, os alunos efetuaram um registo escrito nos seus cadernos

diários dos elementos estudados: círculo, circunferência, raio, diâmetro, setor circular, cordas.

Quando participamos numa determinada prática, estamos num processo contínuo de (re)negociação de significados (Wenger, 1998). Nesse processo, tudo o que fazemos e dizemos está em contínua dialética com as coisas que já fizemos e dissemos no passado, e assim, acabamos por produzir uma nova situação, uma nova experiência. Do ponto de vista matemático, existe um rico conjunto de significados matemáticos partilhados e renegociados pelos envolvidos no diálogo anteriormente apresentado.

No episódio, verificamos que a investigadora, tomando partido de algo que os alunos já sabiam, ou seja, como encontrar o centro de um círculo por dobragens, conduziu e moderou a discussão no sentido de serem utilizados na construção das rotundas, círculos concêntricos mas com diferentes raios. Desta forma, as intervenções dos alunos foram valorizadas e assumiram particular relevância na negociação de novos significados matemáticos, como sendo a noção de centro de um círculo e de círculos concêntricos.

O episódio evidencia que nas interações estabelecidas entre os alunos e entre estes e a investigadora, estes não só partilharam significados matemáticos e renegociaram-nos dando origem a novos significados, como também definiram formas de participação, também elas negociadas conjuntamente.

De acordo com Wenger (1998) a negociação de significado supõe intervenção contínua num processo de dar e de receber, de influenciar e de ser influenciado, assim como a intervenção de diversos fatores e de diversas perspetivas. No episódio acima transcrito, este aspeto parece-nos particularmente visível quando atendemos às alternativas e estratégias apresentadas pelos alunos.

Neste episódio observamos ainda que existe uma tentativa clara por parte da investigadora de fomentar a negociação de alguns significados matemáticos, como seja o caso do setor circular. Esse aspeto conduziu à negociação e (re)negociação de outros significados matemáticos, nomeadamente o de cone e sólido geométrico. O facto de os alunos recorrerem sistematicamente a elementos matemáticos cujo significado estava menos claro, propiciou a constante (re)negociação do significado desses elementos matemáticos nesta prática específica.

Como temos vindo a analisar, na prática resultante da implementação do cenário de aprendizagem o processo de negociação e (re)negociação dos significados matemáticos resultou da constante dialética da participação dos alunos nas práticas acima referidas

(sessões de trabalho do projeto com robots e prática matemática escolar de cada uma das turmas envolvidas). Os episódios analisados enfatizam o facto de os alunos trazerem para a prática do projeto com robots significados matemáticos da sua prática de sala de aula (sistemas de numeração). Inversamente, a negociação de determinados significados matemáticos na aula curricular, resultou de assuntos trazidos das sessões do projeto. Deste modo, os alunos ampliaram e redefiniram significados matemáticos, expandindo o seu conhecimento. Como foi evidenciado nos episódios analisados, os robots desempenharam um papel importante na negociação desses significados matemáticos.

Não obstante os contributos trazidos pelos robots ao cenário de aprendizagem, gostaríamos ainda de ressaltar a intencionalidade do professor/investigador em tirar partido das situações em que o uso desses artefactos potenciou a emergência de conteúdos matemáticos (Fernandes & Martins, 2016). Os episódios em análise procuraram também enfatizar que a negociação e re(negociação) dos significados pode ocorrer de forma espontânea, dos contributos dos alunos para o cenário de aprendizagem (numeração Maia), ou derivar da intencionalidade do professor/investigador para trabalhar determinado conteúdo matemático (círculos concêntricos e setor circular).

A par da intencionalidade do professor/investigador em abordar os conteúdos disciplinares (não só matemáticos) é importante também ressaltar a postura assumida pelas professoras neste cenário de aprendizagem nos momentos em que os alunos evidenciavam dominar determinados procedimentos que para elas eram menos claros. Referimo-nos nomeadamente à programação dos robots.

Como referimos anteriormente, neste cenário de aprendizagem, professoras e alunos envolvidos não tinham trabalhado com robots anteriormente. A inclusão deste artefacto na prática escolar conduziu a que professoras e alunos enfrentassem desafios semelhantes: nunca tinham construído ou programado robots anteriormente. Neste aspeto, professoras e alunos estavam em ‘pé de igualdade’. Analisemos como o posicionamento das professoras face a esta situação acabou por moldar as intervenções dos alunos:

Episódio: Programando o Lama 3000

Hen (aluno 3.º ano): Ele [robot] vai ter que andar para frente... Andar para frente... [explicação do programa que o robot executará].

Professora (2.º ano): CB, não é? [a professora está a questionar quais os motores que vão ser utilizados]

Hen: Hum? AC, AC. AC é para andar para frente. Ele mexe estes dois motores [mostra os motores que estão na base quadrúpede do robot] e vai para frente. Depois...

Professora: Anda para frente. O que é isso? [aponta para o monitor do computador]

Hen: Isto é para falar. [Os dois, professora e aluno, leem a programação quase em uníssono.]

Professora: Fala [a referir-se ao robot]. Depois dá a volta.

Hen: Depois ele vai dar a volta, depois vai para frente, depois disparar.

Professora: Dispara pá frente...

Hen: Ele vai pá frente durante... cinco segundos.

Professora: Onde é que...? Ah! [questiona e observa como é que o aluno define o tempo que o robot vai se movimentar]

Hen: Ah! Finalmente, cinco segundos e agora vou meter outro... Aquela parte que ele vai começar a disparar e o outro vai começar a defender as bolas. [explicação da introdução dos blocos de programação necessários para realizar a ação desejada – lançar três bolas]

Professora: E tu marcas sempre aqui a duração, é? [aponta para o monitor do computador]

Hen: Sim, a duração é o tempo que dura. Vai durar... uns seis segundos. Agora vamos meter isto pra... [mostra o cabo USB à professora que serve para passar a programação do computador para o robot]

Professora: Agora vamos pôr a... fazer isso, não é? A.: Vamos pôr lá fora, naquela parte. [referindo-se ao pátio da escola onde os alunos experimentam a execução dos programas pelos robots]

No diálogo estabelecido verifica-se uma forte ligação entre o desempenho do robot na história e a sua programação para o efeito desejado. No episódio descrito, o aluno está claramente a explicar à professora alguns aspetos da programação do seu robot, pois ela ainda não estava familiarizada com o ambiente de programação. A professora que está a interagir com o aluno não é muito ligada ao uso das tecnologias, por isso, até essa sessão, ainda não tinha manifestado interesse em entender o ambiente de programação. Além disso, tinha estado envolvida, com outros alunos, na escrita da história. Em contrapartida, o aluno envolvido no diálogo tinha faltado à sessão anterior, pois tinha afirmado que estaria em viagem à Disneylândia. No entanto, correndo o risco de cair em descrédito perante a turma, veio a essa sessão já que andava muito entusiasmado com o trabalho que estava a desenvolver. A explicação do aluno à professora de como é que tinha de programar o robot contribuiu para a apropriação de um repertório comum nomeadamente da linguagem e dos conceitos envolvidos na programação. Encontramos nesse episódio elementos que permitem falar em

engajamento na atividade em curso. Aluno e professora denotam uma construção coletiva dos saberes inerentes à programação, uma vez que analisam e discutem conjuntamente o programa que permitirá ao robot desempenhar o seu papel na história.

O facto de o aluno dominar a programação não foi visto pela professora como um constrangimento. Ao invés, a professora procurou ‘aprender’ com o aluno, tirando partido do entendimento que este aluno já possuía relativamente a este domínio. Esta foi uma característica predominante neste cenário de aprendizagem. Não unicamente no que se refere ao posicionamento das professoras, mas de todos os envolvidos.

Neste cenário de aprendizagem as ações estavam distribuídas pelos intervenientes, sendo que para cada um dos envolvidos estavam definidos os seus papéis, bem como as suas responsabilidades. Estar envolvido numa tarefa implicou não só tomar responsabilidade pela mesma como também se comprometer em ajudar os que queriam fazer parte dessa tarefa. Esta regra do sistema de atividade coletiva não foi expressamente negociada nas discussões levadas a cabo pelo coletivo. Esta característica foi algo que tacitamente emergiu das relações estabelecidas entre os intervenientes e do entendimento comum que estes fizeram acerca da sua atividade.

Este aspeto acabou por moldar a forma como a matemática escolar foi desenvolvida nesta prática. No diálogo acima transcrito verificamos que na discussão acerca da programação estão a ser negociados significados matemáticos relativos a noções temporais e espaciais, tais como: posição, orientação, duração, trajetórias, direção e movimento. O estabelecimento dessas relações matemáticas, com vista à obtenção de uma programação eficaz, surgiu de modo muito natural, embebido na prática de programar (Fernandes, 2012b).

Na prática de programar robots, os alunos precisaram testar hipóteses acerca de qual a melhor programação para obter certo desempenho e, inversamente, qual o desempenho do robot quando corresse um determinado programa. Como o episódio evidencia, desse processo emergiram diversos conceitos matemáticos e o robot assumiu um papel estruturante apresentando-se como um artefacto mediador para o diálogo e apropriação dessas noções por parte dos alunos.

Como temos vindo a discutir neste capítulo dedicado à análise dos dados, a inclusão do robot neste cenário de aprendizagem facultou aos alunos oportunidades de alargar o seu repertório matemático. Nos episódios em que a negociação dos significados matemáticos é alvo de análise verificamos que estes conceitos matemáticos “nascem” agarrados ao robot (Fernandes, 2012a, 2012b).

Com efeito, qualquer artefacto mediador (tecnológico ou não), quando utilizado para desempenhar uma atividade “ (...) has the potential to change the activity” Bellamy (1996, p. 124). Em diferentes episódios onde neste trabalho se analisa a forma como os alunos programam e/ou discutem a programação de um robot, verificamos que a noção de tempo e espaço foi construída de uma forma muito particular, fruto do trabalho com este artefacto. Nesse sentido, podemos afirmar que o robot reifica a experiência de aprender matemática (Fernandes, 2013c).

Mas a construção de um reportório matemático por parte destes alunos não se deveu unicamente à interação física que estabeleceram com este artefacto. Como vimos nos episódios *Rotundas na Maquete* (p.153); *Trajetórias do robot* (p.149); *Lama 3000* (p. 147) a negociação de significados matemáticos aconteceu sem que o robot estivesse fisicamente presente. Contudo, foi o trabalho com este artefacto que deu significado às noções matemáticas que estavam a ser negociadas e construídas nesta prática.

De acordo com (Wenger, 1998) o reportório partilhado reflete a coerência da prática. Com efeito, emerge como uma fonte de coerência dos que participam numa determinada prática. O reportório matemático negociado nesta prática matemática escolar deu coerência às ações que estavam a ser desempenhadas pelos alunos. Os conceitos matemáticos negociados e (re)negociados apareceram difundidos nas ações que estavam a ser levadas a cabo. Em nenhum momento foi expresso que os alunos aprenderiam a programar robots para expandirem as suas noções temporais e espaciais. Os alunos aprenderam a programar robots porque queriam que os seus robots desempenhassem os seus papéis na dramatização da história. Contudo, foi ao fazê-lo que se deu a negociação desses conceitos matemáticos. Foi assim que essas noções passaram a fazer parte do seu reportório, sendo que o robot se assumiu como artefacto mediador nesse processo.

Um importante complemento à análise do papel mediador do robot na prática matemática escolar dos alunos será o conceito de transparência, proposto por Lave e Wenger (1991), que se relaciona com o funcionamento dos artefactos numa determinada prática.

Como já foi referido, para Lave e Wenger (1991), este conceito combina duas características – visibilidade e invisibilidade: invisibilidade na forma sem problemas de interpretação e integração na atividade e visibilidade na forma de acesso alargado à informação. Assim, a transparência não pode ser vista como uma propriedade de uma ferramenta em si própria, mas antes como um processo que envolve formas particulares

de participação, relacionadas com os propósitos do uso da ferramenta numa determinada prática cultural e estrutura social.

Quando se iniciou o trabalho com os robots, os alunos da turma do 2º ano não tinham ainda lecionado as relações existentes entre diferentes unidades de medida de tempo. Sem a compreensão dessas relações e do que cada unidade de tempo representava em termos de uma ação desempenhada por um robot, eles não conseguiam programar de maneira adequada para desempenharem determinadas tarefas. Foi a programação do robot que representou o motivo para que os alunos expandissem o seu conhecimento relativamente a esta temática.

Analisemos o seguinte excerto de uma entrevista a duas alunas: **Ant** (2.º ano) e **Hel** (3.º ano), pertencentes a grupos de trabalho distintos.

Episódio: Dois minutos é muito tempo

Hel: Para programar dizíamos ao robot para andar 2 minutos.

Inv: Dois minutos, é muito ou pouco?

Hel: Sim, é muito.

Ant: Temos de contar até 120 segundos, porque duas horas são 120 minutos.

Inv: Como sabes?

Ant: Seis mais seis, dá 12. Se acrescentarmos zero dá 120.

Hel: Para nós, dois minutos é pouco tempo, mas para os robots é muito. Com dois minutos andavam muito tempo. No início estávamos a pôr muito e depois mudámos [...].

Apesar de ser possível fazer a programação dos robots em segundos, rotações ou graus, os alunos escolhiam programar em segundos. No entanto, numa fase inicial da programação, verificamos que muitos alunos pretendiam expressar as ações dos robots em minutos e, como tal, precisavam frequentemente relacionar diferentes unidades de medida de tempo, conforme se evidencia no excerto anterior.

Com o decorrer da atividade de programar, os alunos começaram a ter uma maior consciência do que um determinado intervalo de tempo representava em termos de duração de uma certa ação desempenhada pelo robot. Como podemos ver na transcrição acima, a aluna refere que dois minutos é muito tempo para colocar o robot a desempenhar um movimento.

Como temos vindo a discutir, a programação dos robots mostrou-se um campo fértil para a emergência de noções temporais, sendo que os robots assumiram o papel de mediadores na atividade matemática dos alunos no que concerne à apropriação dessas

noções. No entanto, é importante salientar que em alguns momentos, como o episódio evidencia, a matemática usada e aprendida surgiu de uma forma oculta, na programação dos robots. Muitos dos procedimentos e conceitos, identificados como sendo matemáticos, não foram vistos como tal, pelos alunos.

Evidência disso foi o sucedido na primeira sessão conjunta quando iniciamos a segunda fase de implementação do cenário de aprendizagem. Nessa sessão questionámos os alunos sobre o que tinham aprendido no ano letivo anterior com o projeto com robots. Os alunos referiram que tinham escrito uma história e que tinham aprendido a construir e a programar robots e que agora queriam dramatizar a história. Não existiu qualquer tipo de enfoque nas aprendizagens realizadas no âmbito da matemática (ou qualquer outra área disciplinar). Com efeito, consideramos que essas aprendizagens assumiram invisibilidade para que pudessem apoiar a visibilidade do trabalho com os robots.

Como o episódio acima enfatiza, o significado das relações entre diferentes unidades de tempo foi negociado, de uma forma pouco visível para os alunos, na prática de programar os robots. O foco era programar e para que a programação fosse adequada e eficaz deu-se a negociação do significado dessas noções. O artefacto conceptual – no caso, relações entre horas, minutos e segundos – pôde, ao tornar-se invisível, ser a janela através da qual a programação do robot foi vista, isto é, “(...) ao tornarem-se invisíveis, tal como se torna invisível uma janela numa parede, permitiram a visibilidade do que está para além dela (Martins, 2012b, p. 93), a programação.

Contudo, também existiram momentos em que a programação dos robots se tornou invisível para que a atividade matemática dos alunos assumisse visibilidade. Analisemos a seguinte transcrição, referente a uma sessão de programação, em que o aluno de 2.º ano, **Fra**, estipulou 300 segundos, para que o robot desempenhasse uma ação.

Episódio: 300 segundos

Inv: 300 segundos? Quantos minutos são?

Fra: Não sei.

Inv: Um minuto quantos segundos são?

Fra: 60.

Inv: 60! E os 300 segundos quantos minutos serão?

[O aluno não respondeu.]

Inv: Um minuto são 60 segundos. Dois minutos?

Fra: 120.

A investigadora colocou a mesma questão para três minutos e o aluno respondeu corretamente. Quando colocou a questão para 4 minutos fez-se silêncio. A professora de 2.º ano, **Ter**, decidiu intervir:

Ter: Já estás nos 180! E agora mais 60?

Fra: Duzentos e...

Ter: Abre o número.

Fra: O sessenta?

Ter: Sim. Não te esqueças que tens 180...

Ter: 60 é 20 mais 40. 180 mais vinte....?

[O diálogo entre professora e aluno continuou, até que este concluiu que 5 minutos correspondem a 300 segundos. O aluno também concluiu que os 300 segundos representam muito tempo para que um robot desempenhe uma determinada ação, no contexto em análise.]

O reportório da prática reflete a história do engajamento mútuo, incluindo rotinas, palavras, modos de fazer as coisas, histórias, símbolos, artefactos, ações similares no estilo e na forma, ou conceitos que a comunidade produziu ou adotou no curso da sua existência e que se tornaram parte da sua prática. O segmento anterior é elucidativo de um reportório partilhado pelo aluno e professora do 2.º ano, no que diz respeito a formas de falar acerca dos números e de relações numéricas específicas, decorrentes da prática de sala de aula em que são trabalhados estes conceitos. Para a professora e aluno, ‘abrir o número’ consistia em decompô-lo em fatores numéricos, que poderiam auxiliar o cálculo mental de operações aritméticas.

Ao invés do excerto da entrevista com as duas alunas acima analisado, em que se assiste à invisibilidade das relações entre unidades de medida de tempo de modo a tornar visível a programação do robot, neste episódio verifica-se que a programação passou para segundo plano e o enfoque passou a ser a ‘passagem’ dos 300 segundos a minutos e todas as relações numéricas que foram aparecendo durante o processo. Isto é, a programação do robot foi a janela que, ao se tornar invisível, permitiu que as relações numéricas assumissem visibilidade.

O papel do robot neste cenário de aprendizagem, enquanto ferramenta mediadora na aprendizagem matemática dos alunos, pautou-se por esta dialética de visibilidade e invisibilidade que aqui se discute. Em alguns momentos este artefacto assumiu visibilidade na negociação de significados matemáticos (*Episódios:*

Construção dos robots (p. 140); Trajetórias dos robots (p. 149); Rotundas na maquete (p. 153); Programando o Lama 3000 (p. 156); Programando os RCX (p. 131); Dois minutos é muito tempo (p. 160). Em outros momentos o robot tornou-se invisível de modo a que a negociação dos significados matemáticos assumisse visibilidade nas ações desempenhadas pelos alunos (Episódios: Quadrados na maquete (p. 119); Lama 3000 (p. 147); Construção dos robots (p. 140); 300 segundos (p. 161)).

6. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES DA INVESTIGAÇÃO

A corrente sociocultural inclui várias abordagens ou teorias, que diferem no modo de conceber o processo de aprendizagem e as relações entre o individual e o social, adotando diferentes perspectivas de conceptualização e estudo dos processos de aprendizagem. Na tentativa de compreender a aprendizagem de um modo geral e, mais particularmente, a aprendizagem matemática, duas teorias foram utilizadas como lente teórica para o estudo deste fenómeno na presente investigação: A teoria da Aprendizagem Situada (aprendizagem como participação) e a Teoria da Atividade (aprendizagem como transformação). Relembramos que as metáforas utilizadas neste trabalho para nos referirmos às duas concepções da aprendizagem – aprendizagem como participação e aprendizagem como transformação – foram enunciadas por Matos (2010b), resultantes do trabalho de investigação feito no âmbito do projeto LEARN: APRENDER: Matemática, Tecnologia e Sociedade.

É no diálogo entre o campo teórico e o campo empírico que se discutem o problema do estudo e as questões de investigação tentando elencar uma resposta ampla às mesmas. Em ambas as teorias utilizadas os conceitos estão profundamente intrincados sendo praticamente impossível discutir um deles sem chamar outros à cena. Assim, a organização da escrita dos resultados desta investigação apresenta secções onde, recursivamente, os elementos do quadro conceptual vão surgindo para enfatizar diferentes aspetos que consideramos importantes ressaltar enquanto conclusões desta investigação, acerca da aprendizagem matemática dos alunos e do papel dos robots na mesma.

Com o intuito de tornar mais clara a leitura deste capítulo, relembramos que no âmbito deste trabalho utilizamos o termo ‘atividade coletiva’ para nos dirigirmos à atividade resultante da implementação do cenário de aprendizagem “Uma história com robots”, isto é, à atividade desenvolvida nos momentos em que alunos de ambas as turmas, professoras das áreas curriculares e investigadoras interagiram nas sessões conjuntas do projeto com robots. Também a prática resultante ou emergente da implementação do cenário de aprendizagem refere-se à prática desenvolvida nas sessões conjuntas supra citadas.

Paralelamente, os alunos de ambas as turmas estiveram envolvidos e participaram em diferentes práticas no decurso do projeto com os robots. Além da prática emergente com a implementação do cenário de aprendizagem “Uma história

com robots”, os alunos participaram nas práticas desenvolvidas nas suas aulas curriculares e nas aulas de expressão plástica. Iremos, neste capítulo, tecer algumas considerações acerca de possíveis relações entre as diferentes práticas escolares nas quais os alunos estiveram imersos.

Apesar de não ser o propósito desta investigação encontrar pontos de convergência entre as duas teorias utilizadas para ‘olhar’ a aprendizagem, incluímos também neste capítulo uma secção com algumas ilações acerca de possíveis pontos de encontro entre as duas perspectivas teóricas, fruto do estudo aprofundado das teorias e da sua utilização na análise dos dados.

6.1. A aprendizagem da matemática como fenómeno social

A génese das duas correntes teóricas utilizadas no presente estudo para se pensar a aprendizagem derivou, na sua grande maioria, da análise de práticas distintas das escolares.

Inicialmente, os trabalhos de Lave concentraram-se na observação de jovens e adultos em práticas quotidianas, com o intuito de compreender como ocorre a aprendizagem nos mais variados contextos. Aos poucos, foi emergindo a ideia de que a aprendizagem é inseparável das práticas e do contexto em que essas práticas se realizam. O termo ‘situado’ proposto por Lave e Wenger (1991) constitui a base para justificar o carácter negociado do conhecimento e da aprendizagem, isto é, o carácter negociado dos significados em relação à prática na qual as pessoas estão envolvidas.

A teoria da atividade, nomeadamente a investigação levada a cabo pela 3.^a geração instrumentalizada por Engeström (1987, 1999, 2001), também resulta de estudos realizados em organizações distintas da escola (hospitais, empresas, lares de idosos, etc.).

Apesar de esta investigação ter os seus fundamentos teóricos em duas perspectivas da aprendizagem assentes no estudo de práticas não escolares, acreditamos que “(...) it is by looking at learning in social contexts in general that we will learn more about learning in schools, and not the other way round.” (Watson, 1998, p.2)

Assim, um dos grandes desafios desta investigação pautou-se por compreender de que forma a base conceptual oferecida por estas duas teorias, possuindo elas próprias diferentes formas de ver a aprendizagem, podia ser utilizada para se pensar a aprendizagem em contexto escolar.

6.1.1. Aprendizagem matemática como *Participação*

As discussões sobre o papel que a escola deve e pode assumir enquanto espaço de aprendizagem que atribui significado e sentido àquilo que é aprendido são complexas. Porém, como assevera Lave (1988), a escola não atribuirá ao conhecimento os mesmos significados e objetivos que se têm num momento de aprendizagem não escolar (como seja um momento de compra, ou de troca de saberes em comunidades não escolares), mas é possível que ela faça uso de tais vivências para dar sentido e tornar as relações entre sujeito e conhecimento ainda mais entrelaçadas.

Para Lave e Wenger (1991) a aprendizagem é uma dimensão integral e inseparável da prática social. O conceito de prática salienta o caráter social e negociado, explícito e tácito, dos percursos dos indivíduos. Nesta visão, a aprendizagem é encarada como constituída social e culturalmente.

O conhecimento matemático e a relação entre o aluno e esse conhecimento precisam ser discutidos quando se pretende compreender como o aluno aprende.

De um ponto de vista situado, encarar a aprendizagem como participação, implica ter em conta determinadas premissas. Uma delas é que aprender algo implica o envolvimento em práticas nas quais esse conhecimento existe.

Imaginemos alguém que pretende tornar-se cozinheiro. Certamente o conhecimento adquirido se frequentar um curso de culinária não será suficiente para tornar-se um. No curso pode ter aprendido a confeccionar alguns pratos e ter experimentado algumas técnicas, no entanto, a aprendizagem do que significa ser um cozinheiro envolverá estar imerso numa prática onde o conhecimento ganhe significado e onde as responsabilidades, exigências, e particularidades dessa identidade sejam negociadas. Nesta perspectiva, aprender significa tornar-se uma pessoa diferente, face às possibilidades dos sistemas de relações com significado que as tarefas, funções e compreensões possibilitam nessa prática.

Quando transpomos a ideia acima discutida para o contexto escolar, com todas as subtilezas que isso acarreta, obriga-nos a uma reflexão sobre as oportunidades oferecidas pela escola para que os alunos construam um significado para o conhecimento matemático.

Na prática emergente da implementação do cenário de aprendizagem “Uma história com robots”, o conhecimento matemático dos alunos tomou forma e sentido em função dos impasses e situações emergentes nessa prática. A aprendizagem da

matemática não representou um fim em si mesmo. Ela emergiu da participação na prática desenvolvida.

A aprendizagem da matemática nesta prática escolar pode ser conceptualizada enquanto um processo de participação, no qual a construção de significados deu-se pela, e na imersão dos alunos numa cultura matemática onde os tópicos e conceitos matemáticos fizeram parte das ações que os alunos estavam a desempenhar no âmbito do projeto com robots. Para tal, foi importante atender aos elementos que poderiam, eventualmente, captar o interesse e o envolvimento dos alunos, ao que podia dar significado à sua atividade matemática e ao que apresentava potencial para despertar a sua imaginação (Lave, 1992).

Lave (1988) introduz o termo recurso estruturante para designar algo que suporta uma dada situação, dando-lhe forma estrutural. Os recursos estruturantes articulados encontram-se na atividade em relação com as pessoas-em-ação, tomando forma na interseção de múltiplas realidades. Ao longo da escrita deste capítulo enfatizamos o uso de dois recursos estruturantes desta prática: o *design* do cenário de aprendizagem e os robots.

Além da importância assumida pelo robot neste cenário de aprendizagem, não podemos deixar de destacar as características da metodologia de trabalho adotada. A cooperação e interdisciplinaridade que caracterizou o projeto, a formação de grupos de trabalho com alunos de ambas as turmas, o posicionamento das professoras e da equipa de investigadores, a tomada de decisão negociada e o sentido de responsabilidade e responsabilização como motores impulsionadores das tarefas desenvolvidas, foram sem dúvida aspetos facilitadores de todo processo (Martins & Fernandes, 2016).

Aprender matemática, no sentido que se tem vindo a discutir neste trabalho, significou participar. Mas com o vocábulo participação não nos referimos à participação dos alunos em termos do senso comum da palavra do que poderá significar participar numa aula de matemática. Não significou levantar a mão para responder a perguntas feitas pelo professor ou ir ao quadro resolver exercícios propostos. Participar na prática implementada envolveu negociar significados, assumir responsabilidades e ser responsabilizado, expor fragilidades e colocar potencialidades a favor do coletivo. Participar envolveu compreender, fazer parte da discussão das normas sociais e comportamentais do grupo no qual participaram (Handley, Clark, Fincham & Sturdy, 2006, p. 7).

A par da participação, a reificação assumiu um papel fundamental na negociação dos significados matemáticos, ou seja, na aprendizagem matemática. Segundo Wenger (1998), a aprendizagem significativa em contextos sociais exige tanto participação como reificação, sendo que a reificação pode fazer referência tanto ao processo como ao seu produto, pois o significado só existe e pode ser entendido na sua negociação. Ao nível do significado, processo e produto não são distintos.

Usualmente o que acontece nas aulas de matemática é que os conceitos e procedimentos matemáticos são frequentemente apresentados aos alunos como produtos já reificados em práticas que ultrapassam a prática matemática escolar. A reificação desses elementos não foi tangível para os alunos, uma vez que eles não participaram no processo de lhes atribuir significado (Fernandes, Lopes & Martins, 2016). Contudo, importa ressaltar que “(...) [w]hen concepts are presented to students as reified objects, participation (in Wenger’s sense) becomes difficult.” (Fernandes et al., 2009, p. 1219). Outro paradigma muito presente nas aulas de matemática é que os alunos aprendem, não em função do seu presente, mas em função do que eventualmente poderá vir a ser o seu futuro. A produção de conhecimento visa a sua utilização e possível reificação em práticas futuras, nas quais os alunos ainda não estão, nem sabemos se virão a estar envolvidos.

Na prática matemática escolar analisada, os significados matemáticos foram reificações dessa mesma prática. O posicionamento das retas esteve inerentemente ligado à trajetória assumida pelos robots, noções temporais e espaciais emergiram da sua programação, o estudo do círculo e da circunferência adveio da necessidade da construção de rotundas para os robots se deslocarem, a escrita dos números em diferentes sistemas de numeração adveio da escrita da história com robots, etc. Estes são alguns exemplos de significados matemáticos cuja reificação, isto é, cujo significado acompanhou, a par e passo, a participação na prática emergente da implementação do cenário.

A interação entre participação e reificação, atrás referida, criou uma história social de significado. Os conteúdos matemáticos fizeram parte dessa história, sendo que não podemos deixar de salientar a intrínseca relação entre a negociação do seu significado e o trabalho realizado com o robot. Aspeto este que será retomado mais adiante neste capítulo.

Mas além dos conteúdos matemáticos *per se*, a história da participação na prática desenvolvida com a implementação do cenário de aprendizagem, contemplou,

igualmente, a negociação do significado pelos alunos do que é aprender matemática e do que significa ser competente com a matemática. A resolução de problemas e situações socialmente partilhados criou condições para a definição de um regime de competência (Wenger, 1998, 2010) nessa prática. Neste sentido, competência foi sempre competência de um coletivo.

O regime de competência construído pela, e na participação dos alunos na prática resultante da implementação de cenário: “Uma história com robots”, implicou não só ser reconhecido como competente mas também reconhecer que se tem legitimidade para participar de forma significativa na definição e constante negociação dos empreendimentos conjuntos (Martins, 2012a, 2013b). Este regime contrastou com o de outras práticas matemáticas escolares onde se espera que os alunos reproduzam literalmente o que lhes é solicitado e onde o ser competente a fazer algo já está previamente estipulado, antes mesmo de os alunos o terem experienciado.

Na prática escolar analisada, o entendimento do que se reconheceu como competência foi definido nas relações de mutualidade estabelecidas entre os intervenientes. Essas relações pautaram-se pela negociação das decisões tomadas, pela constante divisão de tarefas e pela responsabilização para com a consecução das metas estabelecidas. Estes aspetos propiciaram oportunidades para o uso de diferentes estilos de fazer as coisas e para a utilização de diferentes artefactos que contribuíram para a definição da competência do coletivo na prática. Práticas escolares com estas características constituem oportunidades de formação para todos os envolvidos, na qual os erros e conflitos são tomados como naturais e podem ser valorizados como situações especiais para que a aprendizagem ocorra (Martins, 2012a).

Tomar a competência matemática como algo construído em vez de algo que deve ser desenvolvido com base numa definição prévia de competência, acarreta importantes implicações na medida em que muda-se o foco do individual para o coletivo. Como consequência, “ (...) whether or not a student is deemed to be ‘competent’ is no longer seen as a trait of that student, but rather an interaction between the opportunities that a student has to participate competently and the ways that individual takes up those opportunities.” (Gresalfi, Martin, Hand & Greeno, 2009, p. 50).

Fruto da investigação realizada no âmbito do projeto DROIDE II, Fernandes (2013c) salienta o papel do robot enquanto artefacto com potencial para conferir legitimidade às ações de alunos que habitualmente possuem uma participação marginal

em práticas matemáticas escolares. A autora realça que a análise da inclusão do robot em diferentes cenários de aprendizagem permitiu concluir que este artefacto conferiu poder aos alunos envolvidos e foi-lhes reconhecida autoridade matemática, que adveio do conhecimento exibido ‘através’ do robot (física ou conceptualmente presente).

Fernandes (2013c) chama a atenção para, nos moldes acima discutidos, competência e agência (Gresalfi et al., 2009) estarem em mútua convergência.

Em Fernandes e Martins (2016) as autoras discutem com profundidade de que forma a agência (Gresalfi et al., 2009) e o regime de competência (Wenger, 1998) se relacionam, salientando a importância de se olhar para esta relação quando se procura compreender a aprendizagem como participação (Lave & Wenger). Através da análise ao trabalho de uma das equipas de programação envolvidas no cenário de aprendizagem “Uma história com robots”, as autoras salientam que “(...) as educators, we should not only be concerned if students are acting or not, but if they have opportunities to exercise agency.” (p. 12).

6.1.2. Aprendizagem matemática como *Atividade de Aprendizagem Matemática*

A Teoria da Atividade, nomeadamente os avanços feitos por Engeström (2001), assentam na ideia de transformação da atividade nos sistemas de atividade orientados por objetos, os quais são coletivos. Convém acrescentar que a atividade é aqui entendida como um processo de transformação do mundo e do comportamento humano por meio dessa relação entre o homem e o mundo que se dá pela, e na atividade.

Engeström (em Lemos et al., 2013) afirma que o principal interesse reside no processo longitudinal de cadeias e transformações existentes no desenvolvimento e aprendizagem nestes sistemas de atividade coletivos que podem ser “(...) modeled and analyzed with the help of some foundational models, such as the quite well known triangles activity mode wich we use.” (p.717).

No presente estudo, o triângulo proposto por Engeström (1987, 1999, 2001) mostrou-se uma ferramenta conceptual importante para a análise do aspeto coletivo da atividade de aprendizagem (Engeström, 2001), uma vez que nos ajudou a compreender como é que a atividade coletiva, e mais particularmente a atividade matemática, foi desenvolvida pelos diferentes atores do cenário, sendo que comunidade, artefactos, regras, e divisão do trabalho, sujeitos, objetos e resultados foram considerados em interação em três sistemas de atividade.

A análise das interações entre esses três sistemas de atividade, quando considerados sob o ponto de vista dos alunos, das professoras e das investigadoras, permitiu-nos compreender a forma como o conhecimento, nomeadamente o conhecimento matemático, foi construído.

Compreender a aprendizagem matemática dos alunos envolvidos, implicou colocar o modelo triangular acima referido em ação, contextualizando-o enquanto ferramenta analítica da atividade coletiva emergente da implementação do cenário “Uma história com robots”.

A aprendizagem matemática dos alunos foi conceptualizada nesta investigação enquanto *atividade de aprendizagem matemática*, desenvolvida e imersa na atividade coletiva, decorrente da implementação do cenário.

Uma vez que toda a atividade, seja ela qual for, é sempre uma ‘*multi-voiced activity*’ (Engeström, 2001), não podemos reduzir a *atividade de aprendizagem matemática* a uma única perspetiva individual ou a um único sujeito que atua sobre o objeto. Porque as atividades são coletivas, nem todos os sujeitos partilham exatamente a mesma visão, a mesma perspetiva, os mesmos interesses. Todos têm a sua visão sobre o assunto.

Com a implementação do cenário de aprendizagem “Uma história com robots”, cada um dos envolvidos (alunos, professoras e investigadoras) partilhou a sua perspetiva na construção dos significados matemáticos emergentes na atividade coletiva.

Como já referimos anteriormente, a atividade coletiva foi aqui entendida como a atividade resultante da interação existente entre três sistemas de atividade.

Quando olhamos o sistema de atividade dos alunos, temos sempre que atender às influências exercidas pelos restantes, sendo que professoras e investigadoras são membros da comunidade desse sistema:

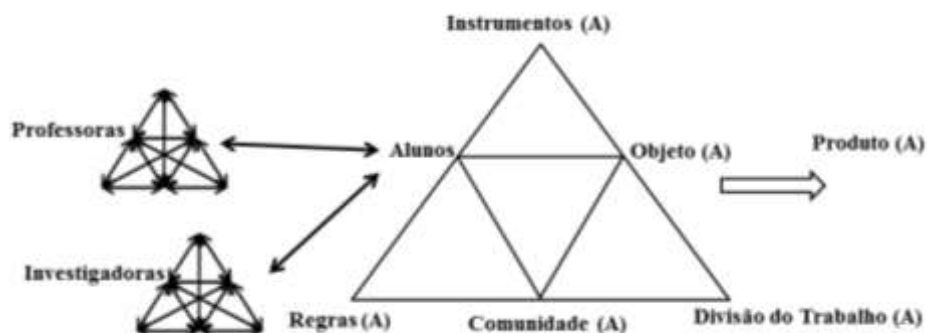


Fig. 11 – Interação do sistema de atividade dos alunos com os restantes.

Com o intuito de se compreender a aprendizagem matemática dos alunos foi importante olhar para a forma como o conhecimento matemático emergiu da interação do sistema de atividade dos alunos com os outros dois acima referidos.

Analisando a *atividade de aprendizagem matemática* podemos afirmar que a construção dos significados matemáticos se deu imersa nessa atividade coletiva onde todos os sujeitos (alunos, professoras e investigadoras), apesar de possuírem motivos distintos, tiveram igual oportunidade de expressar as suas opiniões e entendimentos sobre as ações que estavam a desempenhar. Nesse processo, os envolvidos expuseram as suas perspetivas sobre os conceitos matemáticos emergentes na atividade coletiva.

Como foi evidente na análise dos episódios, essa perspetiva poderia implicar a utilização de um vocabulário matemático mais ou menos correto, uma conceptualização mais ou menos ‘acertada’ ou o puro desconhecimento acerca do conteúdo matemático que ‘explicava’ uma determinada ocorrência. Os diálogos estabelecidos evidenciaram a criação de significados matemáticos comuns aos alunos, professoras e investigadoras, fruto do contributo das diferentes vozes dos sistemas de atividade (alunos, professoras, investigadoras).

Sob este ponto de vista, o conhecimento matemático foi visto como um produto social que, apesar de cada um possuir o seu entendimento sobre o mesmo, esse entendimento advém das relações e interações que ocorrem entre o sujeito e os restantes elementos presentes no modelo triangular da atividade.

Por considerarmos que na interação entre o sujeito e o objeto, os artefactos assumem particular relevância, e por nesta investigação estarmos particularmente interessados em compreender o papel dos robots na aprendizagem matemática dos alunos, dedicaremos uma secção neste capítulo à discussão das ideias emergentes sobre esse tópico.

Em diferentes momentos da implementação do cenário de aprendizagem “Uma história com robots” questionámos os alunos acerca da possibilidade de estarem a aprender matemática no âmbito do projeto com robots. De acordo com a perspetiva que os alunos faziam do que representava aprender matemática na escola, a *atividade de aprendizagem matemática*, imersa na atividade coletiva, não assumiu visibilidade para os alunos enquanto matemática escolar. A *atividade de aprendizagem matemática* surgiu de uma forma implícita “(...) as particular ways of speaking and using artifacts” (Hodge, 2008, p. 34). Este aspeto faz-nos refletir sobre as conceções que os alunos fazem do que é estar e atuar numa atividade matemática escolar.

Abre igualmente espaço para que se reflita sobre as oportunidades que são dadas (ou não) na aula de matemática para que a atividade matemática dos alunos seja por eles percebida como algo que está imerso numa atividade coletiva mais abrangente, com um significado coletivamente partilhado e onde as suas vozes são tidas em conta na construção do conhecimento.

Tomar a Teoria da Atividade para pensar a aprendizagem da matemática coloca, do nosso ponto de vista, o aluno, sujeito da atividade, como protagonista na *atividade de aprendizagem matemática*. Nesta perspetiva de aprendizagem será importante atender ao modo como a *atividade de aprendizagem matemática* pode ser desenvolvida, ao nível de implicação do sujeito/aluno nessa atividade e à forma como os alunos se posicionam e percebem a atividade coletiva onde ela está imersa.

6.2. O cenário de aprendizagem e o *design* da aprendizagem

Encarar a aprendizagem como um fenómeno situado (Lave e Wenger, 1991; Wenger, 1998) implica considerá-la como parte integrante das práticas nas quais as pessoas estão envolvidas e participam. Consequentemente, aprender algo, implicará sempre o envolvimento, ou se quisermos, o engajamento em práticas nas quais o conhecimento está imerso.

Uma das grandes implicações para a educação quando se conceptualiza a aprendizagem como participação em práticas sociais é a de que não existe atividade educativa descontextualizada, isto é, a aprendizagem nunca é desligada do contexto em que ocorre. Assim sendo, revela-se importante atender ao contexto social e cultural na qual ela emerge.

Tomar a aprendizagem como um fenómeno situado abriu, no seio desta investigação, espaço para se refletir sobre a dicotomia entre o desenhado e o emergente. Esta dicotomia conduziu a uma reflexão cuidada acerca do papel do *design* das atividades que possam, eventualmente, apresentar contributos para a aprendizagem. Neste sentido, a criação de um cenário de aprendizagem, no âmbito desta investigação, pareceu-nos assumir particular relevância na criação de um campo de negociabilidade que acabou por orientar a prática na qual alunos, professoras e investigadoras estiveram envolvidos.

O efeito do *design* das atividades na aprendizagem depende das oportunidades criadas para o desenvolvimento de identidades de participação (Wenger, 1998). Um dos

problemas do formato tradicional da sala de aula é que se revela demasiado uniforme para suportar formas significativas de identificação. Ou seja, na escola, e mais particularmente na aula de matemática, espera-se frequentemente que os alunos se envolvam em ações para as quais não tiveram oportunidade de construir significado, que obedeçam a regras cuja formulação lhes foi alheia, utilizem conceitos importados de outras práticas cujos significados não foram por eles negociados.

Atender aos pressupostos de uma visão situada da aprendizagem, contribuiu para o *design* de um cenário que se caracterizou pelo enfoque dado à exploração de novas formas de ser e de atuar, que transcenderam e transformaram a prática escolar dos envolvidos. O *design* do cenário de aprendizagem contemplou elementos que propiciaram o desenvolvimento e sustentação da prática na qual os alunos foram “(...) os protagonistas e não meros espectadores” (Matos, 2008, p. 84).

No decorrer da implementação do cenário, os alunos foram se tornando cada vez mais independentes e autônomos no que diz respeito à tomada de decisões relativas a uma ação a desempenhar, a um recurso a ser utilizado ou a ser deixado de parte. Gradualmente, sentiram que não necessitavam da validação de um adulto para as decisões que, embora sendo individuais ou de um grupo de trabalho, estavam em consonância com a sua visão do negociado no coletivo. Este aspeto assumiu particular relevância pois contribuiu para a negociação, pelos alunos, do significado do que é participar numa prática escolar.

Além da Teoria da Aprendizagem Situada, a Teoria da Atividade forneceu igualmente uma base conceptual e metodológica muito interessante para ajudar a equacionar o *design* do cenário de aprendizagem “Uma história com robots”. Alguns autores têm ressalvado a importância de se considerar elementos desta perspectiva teórica quando se pretende pensar no *design* de cenários suportados por tecnologias (Matos, 2010a, 2013; Silva, 2008).

Nesta investigação, o *design* do cenário de aprendizagem teve em consideração o *design* da atividade coletiva resultante da interação entre três sistemas de atividade, considerando como sujeitos, respetivamente, os alunos, as professoras e as investigadoras. Este aspeto esteve em consonância com o pressuposto fundamental, apontado por Leont’ev (1978), de que a atividade possui sempre um objeto que constitui o seu motivo que, por seu lado, está subordinado à satisfação de uma necessidade.

Considerar os três sistemas de atividade em interação, implicou considerar os motivos dos vários intervenientes na definição de um objeto colaborativamente

construído e partilhado (Engeström, 2001). Desta forma, cada um teve a sua voz, deixou a sua marca no resultado produzido e o conhecimento não foi entendido como individual, mas sim como algo partilhado no coletivo. Neste processo de (re)definição do objeto da atividade coletiva foi importante que todos os intervenientes pudessem clarificar e negociar qual o produto que se propunham construir e de que modo as ferramentas e recursos que dispunham, em particular os robots, podiam ser utilizadas como ferramentas de mediação para a concretização desse produto.

Atendendo ao facto de que esta investigação revela uma particular preocupação em compreender os possíveis contributos para a aprendizagem decorrentes da inclusão de robots num cenário de aprendizagem, dedicaremos uma secção neste capítulo para discutirmos as principais conclusões sobre o papel mediador do robot na aprendizagem matemática dos alunos.

6.2.1. Cenário de aprendizagem como suporte aos modos de pertença

O conceito de cenário de aprendizagem não é restrito da área de educação. Contudo, alguns dos seus pressupostos foram aqui trazidos e utilizados, contribuindo para o *design* de um espaço de aprendizagem onde a inclusão da tecnologia, nomeadamente dos robots, pudesse ser equacionada.

O cenário de aprendizagem, conforme o conceptualizamos no âmbito desta investigação, visou estimular a criatividade e a imaginação dos envolvidos, nomeadamente dos alunos, para que estes pudessem planear e realizar ações de uma forma distinta, ou seja, de uma forma que para eles fosse inovadora. Neste sentido, os constituintes de um cenário, avançados por Carroll (1999), foram aqui utilizados para que se pudesse, de uma forma conjunta, pensar num determinado contexto, que fosse estimulante para os diversos envolvidos, que fosse ao encontro dos seus interesses e expetativas, que incluísse os recursos necessários mas também interessantes, que a divisão do trabalho e as regras subjacentes fossem negociadas no coletivo e que o produto a atingir fosse algo significativo e aliciante.

Um dos aspetos relevantes a considerar, e que de certo modo potenciou o cenário de aprendizagem desenhado, prende-se com o facto de ter sido construído conjunta e colaborativamente por todos os intervenientes: investigadoras, professoras das turmas e alunos. Ao longo de todo o processo de implementação foram consideradas as aspirações/intenções dos intervenientes, com vista à consecução dos objetivos inicialmente estabelecidos (Martins & Fernandes, 2015c).

Quando analisamos a prática emergente da implementação do cenário de aprendizagem concluímos que esta se caracterizou não só por um conjunto de tarefas que os envolvidos levaram a cabo (construir e programar robots, escrever uma história em que os robots fossem as personagens, dramatizar essa história, construir adereços para as filmagens, etc.) mas também por formas de trabalhar e de cooperar que sustentaram o engajamento mútuo (Wenger, 1998) nessas tarefas e deram sentido às experiências vividas.

Assim, mais do que executar tarefas no âmbito do cenário de aprendizagem, os alunos estiveram envolvidos em ações cujo significado foi negociado no coletivo. O cenário de aprendizagem contemplou espaço para que os diferentes atores – alunos professoras e investigadoras – pudessem estabelecer canais de comunicação que facilitassem a negociação e a cooperação na consecução de um produto para o cenário. Este aspeto enfatiza a horizontalidade do conhecimento, onde todos (alunos, professoras e investigadoras) se posicionaram como sujeitos da aprendizagem.

A existência de um empreendimento conjunto – escrita e dramatização de uma história com robots – promoveu a responsabilidade conjunta. Ao negociar este empreendimento, os alunos negociaram, de uma forma explícita ou tácita, um grande conjunto de regras e de responsabilidades que foram assumidas nesta prática. “Mais do que uma meta ou objetivo a alcançar, este empreendimento conjunto foi algo definido pelos participantes (alunos, professoras e investigadores) no processo de o atingirem e, consequentemente, nas ações negociadas face às situações com que se depararam e que, por isso, é algo que lhes pertence plenamente.” (Martins & Fernandes, 2015c, p. 356).

A existência de um empreendimento conjunto foi um aspeto preponderante no suporte dado aos modos de pertença (engajamento, imaginação e alinhamento), propostos por Wenger (1998) como constitutivos de um *design* eficiente para a aprendizagem.

Por terem um projeto de ação conjunto, um compromisso mútuo que os uniu, os alunos partilharam um reportório de recursos comuns tais como, rotinas, artefactos, vocabulário, sensibilidades, que ao serem desenvolvidos ao longo do tempo, permitiram a produção de novas capacidades e conhecimentos. Deste modo, podemos afirmar que a negociação de um empreendimento conjunto se revela uma característica potenciadora para o envolvimento dos alunos num cenário de aprendizagem.

Fernandes (2013c) estabelece um paralelo entre o empreendimento conjunto (Wenger, 1998) e o que autora denomina de ‘a grande ideia’ do cenário. Da

investigação feita no âmbito do projeto DROIDE II, a autora salienta que ‘a grande ideia’ constituiu um fator preponderante na sustentação do engajamento dos alunos nas práticas emergentes da implementação de vários cenários de aprendizagem onde se utilizaram robots²¹.

Os cenários de aprendizagem podem ser mais ou menos abrangentes, atendendo ao propósito a que se destinam. Em termos educacionais, podemos desenhar um cenário de aprendizagem cujo domínio incida sobre uma determinada disciplina, ou ainda mais especificamente, sobre uma unidade temática ou conteúdo dessa disciplina. De uma forma mais abrangente, podemos equacionar cenários de aprendizagem interdisciplinares, que de uma forma transversal procuram explorar e tornar visíveis conexões entre diferentes áreas do saber.

O cenário de aprendizagem “Uma história com robots” procurou criar um contexto no qual pudessem emergir aprendizagens relacionadas com diferentes domínios do conhecimento, até porque acreditamos que estas não existem de uma forma isolada e compartimentada nas ações que desempenhamos.

Por acreditarmos que “(...) o conhecimento matemático não existe fora dos modos como é usado, fora dos interesses para os quais é usado e das razões pelas quais é usado” (Matos, 2003, p. 1), pareceu-nos coerente que o foco e tema do cenário não fossem os conteúdos [matemáticos] mas sim a definição de um contexto que pudesse ser rico e aliciante para os envolvidos. Claro que não podemos ignorar a intencionalidade das professoras e das investigadoras em fazer uso desse contexto para que os conteúdos matemáticos, e de outras áreas, pudessem assumir visibilidade nas ações que estavam a ser desempenhadas pelos alunos.

Outro aspeto preponderante neste cenário de aprendizagem foi a ponte que se procurou estabelecer entre as aprendizagens emergentes no projeto com robots com as que ocorriam, ou podiam emergir, nas aulas de cada uma das turmas envolvidas.

Wenger (1998) defende o diálogo e a cooperação entre diferentes práticas como fonte de aprendizagem. Neste sentido, pareceu-nos natural que o cenário de aprendizagem contemplasse a constante dialética acima discutida para que a aprendizagem, nomeadamente, a aprendizagem matemática, fosse percecionada pelos alunos como algo transversal e presente nos diferentes contextos em que atuavam,

²¹ Também Rusk, Resnick, Berg e Pezalla-Granlund (2008) defendem a importância de ser lançado um tema de trabalho mais amplo ao invés de se proporem aos alunos tarefas centradas apenas em conteúdos disciplinares.

nomeadamente as suas aulas regulares e as sessões do projeto com robots. Pareceu-nos igualmente importante que o cenário de aprendizagem contemplasse o envolvimento de alunos de turmas distintas. Esse aspeto foi relevante na medida em que permitiu cruzar as esferas das práticas escolares de ambas as turmas, abrindo espaço para que, no coletivo, os alunos pudessem explorar novos desafios.

6.2.2. Cenário de aprendizagem como artefacto mediador na atividade de aprendizagem

As perspetivas socioculturais da aprendizagem, em particular a Teoria da Atividade, atribuem à cultura um papel central na formação da mente humana. À medida que os indivíduos agem, interagem e participam em atividades conjuntas, são introduzidos nos modos culturais de construção do conhecimento, assim como nos conhecimentos que se acumularam ao longo do desenvolvimento da atividade.

A utilização de artefactos ou instrumentos modifica a consciência individual e o modo como os indivíduos atuam. A conceção da ação humana como ação mediada pela utilização de artefactos, que são produtos da atividade humana, constitui a base da teoria sociocultural (Engeström, 2001; Vygotsky, 1978; Wertsch, 1991). Tomando este pressuposto, podemos refletir no papel mediador do cenário de aprendizagem “Uma história com robots” na atividade coletiva resultante da sua implementação.

Como referimos anteriormente, um cenário de aprendizagem deve ser equacionado e construído de modo a possuir uma maior ou menor abrangência. Nesse sentido, “(...) o papel dos actores pode estar confinado apenas ao nível das operações e das acções ou pretender-se que sejam participantes ativos do sistema de atividade completo.” (Matos, 2010a, p. 5).

O cenário de aprendizagem “Uma história com robots” almejou que os diferentes atores, particularmente os alunos, fossem participantes ativos do sistema de atividade. Para tal, consideramos que o envolvimento dos alunos no *design* do cenário, ou seja, no *design* da sua prática escolar contribuiu para que estes fizessem sentido do seu posicionamento nessa atividade.

Segundo a Teoria da Atividade, importa ter presente uma abordagem dialética constante entre a estrutura individual e a estrutura social da atividade (Silva, 2008). Neste sentido, o cenário de aprendizagem assume-se como uma ferramenta importante no estabelecimento dessa relação, na medida em que são equacionados os papéis, ações, objetivos, motivos e responsabilidades dos diferentes atores, num contexto abrangente

que engloba o enredo e sequência de acontecimentos que expressam uma atividade coletiva.

Um cenário de aprendizagem é algo dinâmico, uma vez que está deliberadamente incompleto, sendo continuamente redesenhado, fruto da reflexão e avaliação que acompanham a sua implementação (Carroll, 1999; Rosson & Carroll, 2002). Atendendo à forma como é conceptualizado, o cenário de aprendizagem está sempre em aberto, de modo a poder ser complementado e transformado de acordo com as necessidades e aspirações dos intervenientes e com as contingências e/ou oportunidades do contexto físico e social no qual se insere. Assim, podemos afirmar que um cenário de aprendizagem é um artefacto em constante transformação.

No cenário de aprendizagem “Uma história com robots” os papéis dos atores, as regras e divisão do trabalho, os recursos utilizados, os motivos dos intervenientes e as metas a atingir foram-se redefinindo ao longo da sua implementação. Assim sendo, o cenário serviu de ferramenta de mediação nas interações existentes entre as diferentes componentes de cada um dos sistemas de atividade (alunos, professoras e investigadoras) e as existentes entre os diferentes sistemas de atividade.

Mais particularmente quando pensamos no sistema de atividade sob o ponto de vista dos alunos, concluímos que as características subjacentes ao *design* do cenário “Uma história com robots” mediarão a forma como estes agiram e percecionaram a atividade coletiva. O *design* do cenário contribuiu para o estabelecimento das relações entre ações e atividade. Entre o individual e o coletivo.

O cenário de aprendizagem refletiu, na sua essência, os interesses e necessidades que os alunos (e restantes intervenientes) sentiram na atividade decorrente da sua implementação. Por outro lado, os alunos sentiram que ao opinarem e tomarem decisões sobre o decorrer do trabalho estavam a construir algo com um significado coletivo.

O *design* do cenário de aprendizagem abriu espaço para que os motivos dos alunos para a atividade coletiva pudessem ser continuamente redefinidos. A constante redefinição dos motivos dos alunos emergiu da negociação coletiva acerca do que era considerado importante para que o objeto comum fosse concretizado, ou seja, a escrita e dramatização de uma história com robots.

O que começou por ser uma grande vontade de ‘brincar com robots’ foi-se transformando, com a implementação do cenário, em algo mais abrangente. Foram equacionadas quais as ações necessárias e quais os recursos necessários para que a

história pudesse ser escrita e dramatizada. Este movimento de transformação foi mediado pelo *design* do cenário de aprendizagem.

6.3. Robots para aprender matemática

Os recursos existentes no mundo envolvente são utilizados para direccionar e dar forma à atividade que possa emergir da vontade humana. Pode-se mesmo considerar que eles existem e desempenham o seu papel por fazerem parte da ação (Wertsch, 1991). Assim, uma atividade contém sempre vários artefactos, facilitadores ou limitadores, que intrinsecamente nos ligam ao mundo.

Os artefactos utilizados numa determinada atividade não podem ser construídos nem conceptualizados fora dessa atividade. “[A]rtefacts should not be considered by themselves” (Santos e Matos, 2008, p. 183) uma vez que carregam uma herança dos vestígios históricos e culturais do seu uso e transformação nessa atividade (Engeström, 1999, Lave & Wenger, 1991).

No cenário de aprendizagem: “Uma história com robots” os alunos utilizaram vários artefactos, sendo que alguns assumiram particular relevância nas ações desempenhadas.

Na linguagem de Lave e Wenger (1991) esses artefactos, físicos e conceptuais, constituíram a tecnologia da prática e fazem parte do seu reportório, tendo um papel importante na aprendizagem [matemática].

Ao analisarmos o papel dos robots na prática resultante da implementação do cenário de aprendizagem, não podemos deixar de salientar a relação afetiva que todos os envolvidos, não só os alunos, estabeleceram com estes artefactos. No final do projeto, os robots construídos e utilizados carregaram consigo traços das relações, dos afetos e das emoções vividas ao longo de dois anos de percurso conjunto. Chegada a hora de os desmontar, o desapontamento foi inevitável. E porque acreditamos que os afetos possuem um lugar central nas nossas vidas, não poderíamos deixar de ressaltar esta dimensão.

O facto de o projeto contemplar a construção dos robots pelos alunos, e quando falamos da sua construção referimo-nos não só à parte física como também à construção de uma personagem, foi importante na medida em que os alunos estabeleceram com aqueles artefactos a relação de afetividade acima descrita. Este pareceu-nos ter representado um motivo preponderante para o envolvimento dos alunos na atividade

uma vez que “(...) ao construírem os robots [os alunos] personificam estes artefactos, colocando muito de si, das suas personalidades e das suas vidas nos mesmos.” (Fernandes, 2013a).

Por outro lado, construir o robot assumiu também relevância em termos da sua programação, pois possibilitou aos alunos um melhor conhecimento acerca da sua morfologia e robustez física (Martins, 2013a). Ao programarem um robot por eles construído, os alunos possuíram um melhor conhecimento acerca do posicionamento dos motores e dos sensores e do tipo de *outputs* que estes produziram quando programados.

Nesse sentido, a construção do robot assumiu particular relevo na aprendizagem de conceitos ligados à mecânica, nomeadamente a forma como motores e engrenagens se poderiam interligar produzindo movimento (Petre & Price, 2004).

6.3.1. A construção de significados matemáticos numa prática com robots

A visão da aprendizagem assumida neste trabalho levou-nos à ideia de que conceitos e representações matemáticas emergem e são comunicados no contexto de práticas culturais específicas, sendo que os seus significados estão intrinsecamente associados às circunstâncias materiais e às formas de interação social específicas dessas práticas.

As conclusões emergentes do estudo da relação entre a aprendizagem matemática dos alunos e o contexto social que caracterizou a prática decorrente da implementação do cenário de aprendizagem “Uma história com robots” têm sido amplamente discutidas ao longo das secções deste capítulo. No entanto, ainda não enfatizamos, com a devida profundidade, o papel desempenhado pelos robots enquanto recurso estruturante para a aprendizagem matemática dos alunos.

No cenário de aprendizagem que aqui se descreveu e analisou foi claro que os robots (estando ou não fisicamente presentes no trabalho dos alunos) moldaram a forma como estes participaram e, conseqüentemente, construíram o seu conhecimento. A inclusão deste recurso nesta prática matemática escolar abriu portas para a criação de um reportório partilhado de saberes e significados matemáticos, na medida em que a negociação ocorrida emergiu não só da ‘utilização física’ dos mesmos, mas também do facto de os robots terem sido utilizados pelos alunos como ferramenta para pensar.

Nas ações levadas a cabo com os robots, os alunos frequentemente necessitaram utilizar conceitos específicos da matemática. Também os processos matemáticos de tentativa e erro, formulação de conjecturas e teste de hipóteses foram altamente sustentados pelo uso dos robots, nomeadamente pela sua programação. Um aspeto preponderante a salientar foi o papel estruturante assumido pelo robot na relação intrincada entre o uso desses conceitos e processos matemáticos e a sua compreensão por parte dos alunos.

Da análise efetuada à prática, salientamos que a aprendizagem dos conceitos matemáticos surgiu pela exigência das tarefas desempenhadas. Os alunos confrontaram-se com os conceitos matemáticos não porque os procuraram de uma forma intencional mas porque o trabalho com o robot permitiu a renegociação do seu significado. Contudo, não será inconveniente relembrar os momentos em que o posicionamento dos adultos envolvidos foi importante nesse processo.

A transparência dos artefactos – robots e conceitos matemáticos²² – foi um fator importante para se perceber de que forma a aprendizagem matemática dos alunos foi suportada pelo uso dos robots.

A dialética existente entre o uso dos robots e dos conceitos matemáticos pelos alunos, na medida em que existiram momentos em que uns permitiram a visibilidade ou invisibilidade de outros, permite-nos inferir algumas conclusões acerca da importância de considerarmos a transparência dos artefactos para o entendimento da aprendizagem matemática.

A análise da prática resultante da implementação do cenário de aprendizagem “Uma história com robots” levou-nos a concluir que a programação dos robots foi relevante para o desenvolvimento de noções temporais e espaciais por parte dos alunos, sendo que a transparência dos artefactos, robot e conteúdos matemáticos, foi um processo preponderante na aprendizagem matemática (Martins, 2012b).

Ao estabelecerem um determinado período de tempo para uma ação do robot os alunos puderam perceber, através desse artefacto, o efeito da quantidade ‘tempo’ nas ações desempenhadas pelo robot. Apesar da atenção dos alunos estar virada para a programação eficaz do robot, a verdade é que, de uma forma invisível, o significado desse conteúdo matemático estava a ganhar forma para os alunos, no ato de programar.

²² Encaramos os conceitos matemáticos como artefactos matemáticos no sentido de Brown et al. (1989), uma vez que consideramos que os mesmos só serão compreendidos quando explorados e apropriados, ou seja, usados como ferramentas ou artefactos, ao invés de serem olhados como algo abstrato e perfeitamente definido.

Inversamente, em outros momentos, o robot assumiu invisibilidade para que os conteúdos matemáticos fossem visíveis. Falamos, por exemplo, da negociação do significado do posicionamento das retas, onde a trajetória do robot se tornou invisível, dando visibilidade à negociação do conteúdo matemático.

A aprendizagem matemática escolar está inerentemente relacionada com esta dupla característica dos artefactos (visibilidade e invisibilidade), ou seja, com a transparência dos mesmos na prática na qual estão a ser utilizados pelos alunos (Adler, 1998). São estas propriedades que, interagindo de forma conjunta, possibilitam a transparência dos artefactos e a negociação do significado na prática (Martins, 2012b).

Quando referimos que o robot assumiu invisibilidade, de modo a tornar visíveis os conteúdos matemáticos, não queremos com isso afirmar que foram “opacos” (Price, 2003, p.3). A opacidade de um artefacto dá-se quando o aluno foca-se no artefacto e não é capaz de ‘ver’ os conceitos matemáticos que possam eventualmente emergir da sua utilização.

Consideramos que para que a aprendizagem da matemática aconteça, os alunos devem ser capazes de ver e usar os artefactos disponíveis na prática escolar, sejam eles físicos ou conceptuais, focando-se neles quando necessário, mas devem ser também capazes de os tornar invisíveis quando os estão a utilizar como meios para construir e alargarem o seu conhecimento.

Esta reflexão acerca da transparência dos artefactos remete-nos para a importância de se pensar em práticas escolares onde o uso dos recursos para a aprendizagem, nomeadamente recursos tecnológicos, contemplem a dualidade entre a visibilidade e invisibilidade desses recursos.

Em alguns casos, a inclusão de um recurso poderá somente contemplar a opacidade do mesmo para os alunos, isto é, o foco do seu uso está no recurso *per se*, não se contemplando a possibilidade de este ser uma ‘janela’ a partir da qual o aluno possa aceder aos significados matemáticos. Claro que, novamente, advogamos que a transparência do artefacto não é uma característica do artefacto em si, mas algo que resulta da forma como este está a ser utilizado numa determinada prática.

O robot no cenário de aprendizagem “Uma história com robots” foi uma ferramenta que estruturou a forma como os alunos aprenderam matemática, sendo que a sua transparência resultou da forma como os alunos os utilizaram naquela prática. Outro cenário de aprendizagem em que o uso do robot pudesse ser equacionado de uma outra forma, poderia comprometer a sua transparência e, conseqüentemente, a aprendizagem.

Imaginemos um cenário em que o professor leva para a aula os robots programados para que estes percorram um determinado percurso (por exemplo um labirinto) e solicita aos seus alunos que, colocando o programa a correr, descrevam a trajetória dos robots. Neste caso, o facto de os alunos não estarem a programar os robots, poderá comprometer a transparência do artefacto no que se refere à negociação das noções temporais e espaciais, pois só é esperado que os alunos identifiquem a trajetória e não que a definam.

Na prática analisada neste estudo, o significado dos conceitos matemáticos emergiu do trabalho com estes artefactos, sendo que diferentes aspetos da experiência da negociação desses significados estão congelados nos robots, e no uso que estes tiveram nesta prática. Os robots reificam esse conhecimento matemático bem como essa prática.

Esta relação intrínseca entre o robot e o conhecimento matemático que temos vindo a discutir remete-nos para a importância de olharmos o robot enquanto reificação de uma prática na qual os alunos estiveram envolvidos e participaram. O significado dos conceitos matemáticos emergiu do trabalho com estes artefactos, sendo que diferentes aspetos da negociação desses significados estão congelados nos robots e no uso que estes tiveram nessa prática.

Quando pensamos na aprendizagem matemática enquanto participação, não podemos ignorar a reificação que a acompanha (Wenger, 1998). Assim, assume particular relevância um *design* para a aprendizagem onde participação e reificação estejam em equilíbrio (Gómez-Blancarte & Viramontes, 2014).

Também importante no processo de reificação é o posicionamento do professor relativamente ao uso dos artefactos na prática em curso. Alguns episódios analisados nesta investigação enfatizaram que a negociação e re(negociação) dos significados pode ocorrer de forma espontânea, dos contributos dos alunos para o cenário de aprendizagem, ou derivar da intencionalidade do professor/investigador para trabalhar determinado conteúdo matemático (Martins & Fernandes, 2016). O potencial reificativo de um artefacto não é uma característica do artefacto em si mesmo. Acreditamos que esse potencial está diretamente relacionado com o seu uso na prática e com as relações sociais existentes entre os diferentes participantes e o artefacto.

6.3.2. O papel mediador do robot na aprendizagem matemática dos alunos

Leont'ev (1978) afirma que só reconhecemos algo quando se torna objeto da nossa consciência e, para tal, é necessário que o mesmo constitua objetivo da ação, em última instância, que se relacione com o motivo da atividade.

Como tivemos oportunidade de enfatizar em diferentes momentos deste trabalho, o objeto dos alunos não possuía uma relação direta com a aprendizagem da matemática, isto é, os alunos não estavam a utilizar os robots, do seu ponto de vista, para aprender matemática. Utilizavam robots porque queriam escrever e dramatizar uma história com robots. Contudo, foi patente na análise da atividade coletiva que no processo de mediação entre os alunos e a escrita e dramatização da história, o robot revelou-se como mediador da aprendizagem matemática dos alunos.

Na análise feita à atividade coletiva resultante da implementação do cenário de aprendizagem verificamos que os robots assumiram um papel preponderante na estruturação do pensamento matemático dos alunos, nomeadamente na forma como negociaram significados matemáticos que emergiram diretamente das ações levadas a cabo com estes artefactos.

Vimos, por exemplo, que a programação dos robots (motivo para a ação) conduziu à emergência de noções espaciais e temporais que necessitaram ser compreendidas pelos alunos para que a programação fosse feita de modo eficaz. Contudo, não podemos dizer que houve uma rutura entre o que faziam com o robot e a aprendizagem dessas noções, isto é, não houve uma paragem na programação dos robots para que se 'estudassem' noções espaciais e temporais de modo a serem utilizadas na programação. A aprendizagem dessas noções estava imersa no ato de programar. E o robot foi o mediador nesse processo. Foi o artefacto que deu acesso a esse conhecimento matemático.

Desta forma podemos afirmar que não é necessária uma relação direta e explícita entre o objeto da atividade e a utilização dos artefactos para que, em última instância, o produto seja a aprendizagem matemática dos alunos.

Muitas vezes determinados artefactos são levados para a aula de matemática ou, mais especificamente para uma aula do 1.º Ciclo, com o intuito de que o objeto dos alunos seja, à partida, a aprendizagem da matemática suportada pelo seu uso.

Parece-nos mais pertinente que esse possa ser o objeto do professor, sendo que o objeto do aluno, aquele que irá direccionar a sua atividade pode, ou não, estar

relacionado com a aprendizagem da matemática. Isso não implica que o uso do artefacto enquanto mediador da aprendizagem esteja comprometido.

Imaginemos dois cenários de aprendizagem, ambos utilizando robots envolvendo alunos do 2.º ano de escolaridade. Um deles corresponde ao cenário de aprendizagem “Uma história com robots”. No outro, os alunos são desafiados a utilizarem robots para compararem a posição de retas no plano.

A existência de um cenário de aprendizagem em que o propósito seja comparar a posição de retas no plano poderá colocar alguns entraves no envolvimento dos alunos, nomeadamente para os que não encontram nessa temática uma fonte de interesse ou porque a sua relação com a matemática faz-lhes presumir que não serão capazes de contribuir no desenvolvimento do cenário.

Outro aspeto importante a referir é que, estando o cenário ‘fechado’ no tratamento desta temática matemática, podemos correr o risco de comprometer a emergência de outros conceitos e ideias ligados à matemática, ou a outras áreas do saber. Num cenário de aprendizagem com estas características o uso do artefacto (robot) está diretamente relacionado com o objeto do professor (a aprendizagem de um conceito matemático) que, como vimos pode não corresponder aos interesses e motivos dos alunos para a atividade.

Em contrapartida, no cenário de aprendizagem “Uma história com robots”, a ideia central foi construir e programar robots para dramatizar uma história. Na escrita e dramatização da história, entre muitas outras aprendizagens não só ligadas à matemática, emergiu a posição relativa de retas.

Se o objeto do professor for a aprendizagem desse conteúdo matemático, com certeza assumirá um posicionamento perante a atividade que irá fomentar a emergência do mesmo.

A abrangência da temática do cenário de aprendizagem, onde se constroem robots para serem personagens numa história, permitiu que os alunos pudessem encontrar motivos para a atividade. O foco do uso do artefacto não está no conteúdo programático, está na temática do cenário. Ainda assim, salientamos que é importante que essa temática seja discutida e negociada com os alunos. Pode ser que os alunos não estejam interessados em escrever uma história ou em produzir um filme. A temática poderá ser outra, o importante é que tenha significado na esfera das suas vivências e interesses pessoais.

A inclusão de robótica na escola, aliada a uma metodologia de projeto (Eguchi, 2014; Frangou et al. 2008), parece-nos representar um excelente contributo para as aprendizagens dos alunos, não só na matemática. Acreditamos que no 1.º CEB poderá ser mais fácil a realização de projetos interdisciplinares. Contudo, mesmo nos restantes níveis de escolaridade, defendemos que a inclusão do robot deverá contemplar a exploração de contextos que derivem de interesses ou necessidades dos alunos envolvidos.

No cenário de aprendizagem “Uma História com robot” a ideia foi lançada aos alunos e eles consideraram a ideia extremamente interessante e desafiadora. Foi no âmbito dessa temática que o uso do artefacto ganhou sentido e o seu papel mediador na aprendizagem matemática tornou-se relevante.

Outro aspeto que nos parece ser importante ressaltar foi o papel mediador do robot entre as diferentes práticas escolares nas quais os alunos estiveram envolvidos. A presença do robot ultrapassou a sua utilização no âmbito do projeto com os robots. Este artefacto foi o mote para a construção de conhecimento nas sessões conjuntas do projeto, nas aulas curriculares e nas de expressão plástica de ambas as turmas. Transversalmente, o trabalho com este artefacto conduziu a uma rede de conexões entre as práticas desenvolvidas nestes três contextos, contribuindo para uma visão mais holística da aprendizagem por parte dos alunos.

6.4. A ponte entre duas visões da aprendizagem

O aprofundamento do quadro teórico e a sua utilização na análise dos dados conduziu-nos aos alicerces de uma ‘ponte’ entre alguns conceitos das duas teorias utilizadas, apesar de este não ter sido um objetivo da presente investigação.

Poderíamos também nesta secção termo-nos dedicado à reflexão acerca de possíveis pontos de divergência entre ambas, contudo, consideramos que chamá-los dessa forma contraria a forma como a teoria foi utilizada no presente estudo. Mais do que contrapor duas visões, a ideia foi compreender como é que podemos tirar partido de ambas para entender a aprendizagem.

Da análise feita às componentes da prática social (Lave & Wenger, 1991; Wenger, 1998) e aos elementos constituintes no sistema de atividade coletiva (Engeström, 1999) alguns aspetos merecem destaque, os quais apresentamos de seguida:

i) Um dos pontos fortes de ambas as teorias é a relação presente entre o individual e o coletivo, entre o sujeito e a realidade social. Em ambas as teorias, para compreendermos as ações individuais temos sempre que atender ao significado dessas ações no contexto social e cultural. A dimensão social é assim central.

Um aspeto que desde cedo começou a ganhar forma foi o paralelo existente entre a prática de Lave e Wenger (1991), a qual na linguagem de Wenger (1998) é sempre uma prática social, e o Sistema de Atividade proposto por Engeström (1999), o qual se refere à experiência quotidiana de sujeitos que participam em atividades coletivas.

No que diz respeito à prática social, Wenger (1998) descreve três dimensões da relação pela qual a prática se converte na fonte de coerência de uma comunidade: o engajamento mútuo; o empreendimento conjunto e o reportório partilhado.

Por sua vez, Engeström (1999) utiliza o sistema de atividade para contemplar as relações entre o sujeito e o objeto, sendo que essa ação é sempre mediada por artefactos. Nesse sistema, contempla-se o facto de o sujeito estar inserido numa comunidade, que tem inerente a ela uma organização com regras e uma determinada divisão do trabalho.

Um olhar sobre os elementos constituintes do sistema de atividade assemelha-se ao olhar necessário para se compreender a prática social. As relações entre o sujeito, a comunidade, os modos de agir e de atuar, os recursos utilizados, os empreendimentos conjuntos, são aspetos comuns em ambas as concepções. Contudo salientamos que no modelo da atividade proposto por Engeström (1999) o papel mediador dos artefactos assume particular relevância.

ii) Quando analisamos a forma como o artefacto é conceptualizado à luz das duas correntes teóricas, consideramos que o conceito de recurso estruturante proposto por Lave (1988) encontra paralelos com o de artefacto de mediação presente na Teoria da Atividade.

Para Lave e Wenger (1991) os artefactos são apresentados como físicos ou conceptuais, fazendo parte da herança cultural da comunidade. Enquanto constituintes do reportório partilhado da comunidade, evidenciam, do nosso ponto de vista, o seu carácter mediador na prática dessa comunidade, uma vez que em ambas as conceptualizações se dá enfoque ao carácter cultural e ao significado do seu uso na prática. Neste sentido, partilhamos da opinião de Santos (2004) quando afirma que Lave e Wenger (1991) se referem aos artefactos de uma forma consistente com a Teoria da Atividade.

Wenger (1998) parece dar menor visibilidade aos artefactos, utilizando indiferentemente o termo ‘*tool*’ e ‘*artifac*’, atribuindo o uso desta terminologia à Teoria da Atividade, onde o uso destes termos, parece-nos, ser revestido de um maior cuidado.

Apesar de Wenger (1998) discutir a distinção entre ‘*tool*’ e ‘*symbol*’, não a considera importante para a negociação de significado conforme a conceptualiza, isto é, como um processo resultante da interação entre participação e reificação. De acordo com Wenger (1998) ambos os termos “(...) are given meaning through the same process of negotiation in specific circumstances and within the context of specific practices” (p. 288).

iii) Sob o ponto de vista da Teoria da Atividade, a atividade possui sempre um objeto que constitui o seu motivo. O objeto partilhado pelos sujeitos representa o ‘espaço problema’ (Engeström, 1999) em relação ao qual a atividade está direcionada. O objeto determina o horizonte de possíveis ações assumidas pelos sujeitos numa determinada prática (Engeström, 1995). Engeström (1999) chama a atenção para que objetos não sejam confundidos com objetivos. Os objetivos estão relacionados com ações específicas cujo começo e fim estão perfeitamente definidos, não sendo contínuos nem duradouros, ao contrário do objeto da atividade.

Fazendo um paralelo com o enquadramento situado, uma prática social é sustentada pelo empreendimento conjunto que é partilhado pelos participantes nessa prática. O empreendimento conjunto, não constitui uma simples meta estabelecida (Wenger, 1998). Mais do que isso, reflete o engajamento mútuo dos envolvidos na sua negociação. É a prática em si, e compreende o carácter negociado do conhecimento, a responsabilidade mútua e a conjugação das interpretações individuais no seio da comunidade.

Em ambas as teorias, empreendimento conjunto e objeto da atividade parecem ser os motores que sustentam o envolvimento dos sujeitos.

iv) A conceptualização de constelações de práticas, proposta por Wenger (1998), apresenta algumas semelhanças com a de conjunto de sistemas de atividade de Engeström (2001).

As constelações de práticas propostas por Wenger (1998) assentam no entendimento de que participamos em diferentes práticas, que podem estar interconectadas por variadas razões, nomeadamente, raízes históricas análogas, empreendimentos que se cruzam, artefactos que são partilhados, condições similares, membros que são comuns, causas ou instituições paralelas, etc. Esses pontos de

encontro, do nosso ponto de vista, assumem linearidade com a partilha de diálogos e perspectivas múltiplas nas redes de interação de sistemas de atividade defendidas pela 3.^a geração da teoria da atividade.

6.5. A encerrar

Não posso terminar a escrita desta dissertação sem dedicar umas linhas onde faço uma reflexão acerca do que senti e aprendi com a realização deste trabalho. Contudo, sinto-me incapaz de fazê-lo sem me referir a determinados aspetos das perspectivas teóricas utilizadas neste estudo. São esses aspetos que me ajudam a compreender a minha própria aprendizagem enquanto doutoranda.

A realização deste trabalho foi uma experiência deveras compensadora para mim. Não quer isto dizer que ao longo do processo não tenham existido altos e baixos, no que diz respeito aos momentos onde equacionei a possibilidade de chegar, ou não, à escrita desta secção denominada ‘a encerrar’.

Em 2012 no TIC Educa, congresso internacional de Educação, tive o prazer de assistir a uma conferência proferida por Etienne Wenger. A pessoa de quem tanto tinha lido estava ali, à minha frente. A falar de coisas que não estão só nos livros. De coisas que fazem parte da nossa vida.

Num determinado momento Wenger falou do facto de que para aprendermos termos que ‘passar pelo túnel’. Com essa metáfora Wenger referia-se aos momentos onde sentimos que não há luz, que estamos perdidos. Quando saímos do túnel sentimos que aprendemos.

Durante a realização deste trabalho passei imensas vezes pelo túnel!

Um dos grandes desafios, e se calhar dos primeiros, pautou-se por enveredar pelo estudo de duas teorias quase desconhecidas para mim. Quando comecei a fazer esse investimento, estava, paralelamente, a fazer a recolha dos dados. Julgo que foi das opções (um das) mais acertadas que tomei no decurso da investigação. Ao fazê-lo permitiu-me querer aprofundar certos conceitos que mostravam potencial na compreensão do campo empírico e, inversamente, tomar certas decisões na recolha dos dados que foram informadas pelo campo teórico.

Estando a utilizar duas teorias de aprendizagem com termos fáceis de importar ao senso comum dessas palavras, senti um enorme desafio em procurar compreendê-los. Arrisco-me a dizer que este foi (e ainda é) o meu grande desafio. Contudo, as vezes que

passei e ainda passo pelo túnel por causa deles, revelam-se em momentos de grande aprendizagem.

Durante a realização desta investigação fui construindo uma identidade enquanto investigadora. Deveras importante na construção dessa identidade foi o acesso que me foi concedido a esta prática, e aqui destaco o papel da minha orientadora. Não só enquanto orientadora, mas também como coordenadora do projeto de investigação DROIDE II.

No DROIDE II tive a oportunidade de me envolver em tarefas que não tinha desempenhado até então. A escrita de artigos, por exemplo, mostrou-se um campo fértil para o meu crescimento, não só científico mas também pessoal e social. Uma regra do sistema de atividade no DROIDE II, nomeadamente, a necessidade de produção científica, revelou-se como uma oportunidade de eu ‘fazer parte’, construir um relatório que até à data não possuía.

Existem aspetos da prática de investigação que têm natureza tácita, nem tudo é visível. A explicitação de alguns aspetos é importante, mas insuficiente. O posicionamento da minha orientadora e coordenadora do projeto assentou no princípio de que é na prática que se aprende. Nesse sentido, no projeto DROIDE II, não existiam tarefas para os *old-timers* e outras para os aprendizes. Todos tomavam parte em tudo. Considero que esta característica da prática foi crucial no desenvolvimento da minha identidade enquanto investigadora.

Crucial foi também o seu posicionamento enquanto orientadora, mostrando-me que cabia essencialmente a mim decidir sobre a minha trajetória de participação nesta prática.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrantes, P. C. R. (2009). *Aprender com robots*. Tese de Mestrado em Educação, Especialidade: TIC e Educação. Faculdade de Ciências, Departamento de Educação da Universidade de Lisboa.
- Adamides, M. H. & Nicolaou, K. (2004). Technology in Mathematics Education. *Science Education International*, 15(2), 139-151.
- Adler, J. (1998). Lights and limits: Recontextualising Lave and Wenger to theorise knowledge of teaching and learning to school mathematics, In A. Watson (Ed.), *Situated Cognition and the Learning of Mathematics*, (pp. 161-167). Oxford: Center of Mathematics Education Research.
- Aires, L. (2011). *Paradigma Qualitativo e Práticas de Investigação Educacional*. (1.^a ed.). Lisboa: Universidade Aberta. Disponível em: <https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/2028/1/Paradigma%20Qualitativo%20e%20Pr%C3%A1ticas%20de%20Investiga%C3%A7%C3%A3o%20Educacional.pdf>. Acedido a 3 de dez. 2013.
- Alimisis, D. (ed.) (2009). *Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods*. Athens: School of Pedagogical and Technological Education.
- Alimisis, D. (2012). Robotics in Education & Education in Robotics: Shifting Focus from Technology to Pedagogy, In D. Obdržálek (Ed.). *Proceedings of the 3rd International Conference on Robotics in Education*, (pp. 7-14). Prague: Charles University in Prague, Faculty of Mathematics and Physics.
- Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science & Technology Education*. 6(1), 63-71.
- Alimisis, D., & Boulougaris, G. (2014). Robotics in physics education: fostering graphing abilities in kinematics, In *Proceedings of 4th International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics & 5th International Conference Robotics in Education*, (pp. 2-10). Padova (Italy). ISBN 978-88-95872-06-3.
- Alimisis, D.; Karatrantou, A. & Tachos, N. (2005). Technical school students design and develop robotic gear-based constructions for the transmission of motion, In Gregorczyk, G., Walat A., Kranas, W., BoroWiecki, M. (Ed.s). *Proceeding of the Eurologo 2005, Digital Tools for Lifelong Learning*, (pp. 76-86). Warsaw: DrukSfera
- Almeida, C. M. (2015). *A importância da aprendizagem da robótica no desenvolvimento do pensamento computacional: um estudo com alunos do 4.º ano*. Trabalho de Projeto realizado no âmbito do Mestrado em Educação – Área de

Especialidade Educação e Tecnologias Digitais do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

- Almeida L.; Azevedo, J; Carneira, C.; Costa, P.; Fonseca, P.; Lima, P.; Ribeiro, F. & Santos, V. (2000). Mobile Robot Competitions: Fostering Advances In Research, Development And Education In Robotics, In *Proceedings of the 4th Portuguese conference in Automatic Control, Controlo 2000*, Guimarães, Portugal.
- Bartolini Bussi, M. G. & Mariotti, M. A. (1999). Semiotic mediation: from history to the mathematics classroom, *For the Mathematics Education*, (pp. 429-501). Dordrecht: Kluwer.
- Bartolini Bussi, M.G. & Mariotti, M.A. (2008). Semiotic mediation in the mathematics classroom: artefacts and signs after a Vygotskian perspective, In L.D. English (Ed.), *Handbook of international research in mathematics education* (pp. 750-787). Mahwah, NJ: LEA.
- Bellamy, R. K. (1996). Designing educational technology: computer-mediated change, In B. Nardi (Ed.), *Context and consciousness* (pp. 123-146). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review, *Computers and Education*, 58(3), 978–988.
- Boaler, J. (2002). *Experiencing School Mathematics – Revised and Expanded Edition*. New Jersey: Laurence Erlbaum Associates, Inc.
- Boaler, J.; William, D. & Zevenbergen, R. (2000). The Construction of Identity in Secondary Mathematics Education, In *International Mathematics Education and Society Conference*, (Unpublished), 2., Montechoro, Portugal. Disponível em: <http://eprints.ioe.ac.uk/1142/1/Boalertheconstructionofidentity.pdf>. Acedido a 23 mai. 2013.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (2006). *Qualitative research in education: An introduction to theory and methods*. (5th ed). Boston, MA: Pearson Education, Inc.
- Borba, M. C. & Araújo, J. L. (Org.). (2004). *Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática*. Belo Horizonte: Autêntica.
- Bredenfeld, A., Hofmann, A., & Steinbauer, G. (2010). Robotics in Education Initiatives in Europe - Status, Shortcomings and Open Questions, In *Workshop Proceedings of Int. Conf. on Simulation, Modeling and Programming for Autonomous Robots (SIMPAR 2010)*, (pp. 568-574). Darmstadt, Germany.
- Brown, J.; Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32 – 42.

- Bruner, J. (1998). *L'approche psycho-culturelle de l'éducation*, 4^{ème} biennale de l'éducation et de la formation, La Sorbonne, Paris, France.
- Caci, B.; Cardaci, M. & Lund, H. H. (2003). *Assessing educational robotics by the "Robot edutainment questionnaire". Technical report*. The Maersk Mc-Kinney Moller Institute for Production Technology, University of Southern Denmark.
- Campbell, S. (1998). *Preservice teachers' understanding of elementary number theory: Qualitative constructivist research situated within a kantian framework for understanding educational inquiry*. Unpublished doctoral dissertation, Simon Fraser University, Faculty of Education, Burnaby. Disponível em: <http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk2/ftp02/NQ37688.pdf>. Acedido a 10 de abr. 2014.
- Carroll, J. M. (1999). Five Reasons for Scenario-Based Design, In *Proceedings of the 32nd Hawaii Int. Conf. On System Sciences, Hawaii*. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.106.5310&rep=rep1&type=pdf>. Acedido a 17 de mai. 2012.
- Chassapis, D. (1999), The Mediation of Tools in the Development of Formal Mathematical Concepts: the compass and circle as an example. *Educational Studies in Mathematics*, 37(3), 275-293.
- Chung, C. C. J., Cartwright C. & Cole M. (2014). Assessing the impact of an autonomous robotics competition for STEM education. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 15(2), 24-34.
- Cobb, P. & Bowers, J. (1999). Cognitive and situated learning perspectives in theory and practice. *Educational Researcher*, 28(2), 4-15.
- Confrey, J. (1995). How compatible are radical constructivism, sociocultural approaches and social constructivism? In L. P. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in education*. (pp. 185-225). Hillsdale: Erlbaum.
- Conchinha, C. & Freitas, J. C. (2015). Robots & necessidades educativas especiais: A robótica educativa aplicada a alunos autistas. In: *Atas do Challenges 2015: Meio Século de TIC na Educação, Half a Century of ICT in Education*. (pp.21-35).
- Corrêa, C. R. (2011). *Cenários prospectivos e aprendizado organizacional em planejamento estratégico: Estudo de casos de grandes organizações brasileiras*. Tese de Doutorado em Administração – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.coppead.ufrj.br/upload/publicacoes/Tese_Claudio_Correa.pdf. Acedido a 05 de mar. 2014.

- Coutinho, C. (2005). Percursos da Investigação em Tecnologia Educativa em Portugal: Uma abordagem Temática e metodológica a publicações científicas (1985-2000), In *CIED*. Braga, Universidade do Minho.
- Dewey, J. (1902). *The Child and The Curriculum*. Chicago: University of Chicago Press.
- Drijvers, P. (2015). Digital Technology in Mathematics Education: Why It Works (Or Doesn't) In S. J. Cho (Ed.), *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 135-151). Springer International Publishing.
- Drijvers, P., Kieran, C., & Mariotti, M. A. (2009). Integrating technology into mathematics education: Theoretical perspectives, In C. Hoyles & J.-B. Lagrange (Eds.), *Digital technologies and mathematics teaching and learning: Rethinking the terrain* (pp. 89–132). New York: Springer.
- Druin, A. (2002). The Role of Children in the Design of New Technology. *Behaviour and Information Technology* (BIT), 21(1), 1-25.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y. (1995). Innovative organizational learning in medical and legal settings, In L. M. W. Martin, K. Nelson, & E. Tobach (Eds.), *Sociocultural psychology: Theory and practice of doing and knowing*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Engeström, Y. (1999). Activity theory and individual and social transformation, In Y. Engeström, R. Miettinen, & R. -L. Punamäki (Eds.), *Perspectives on Activity Theory*, (pp. 19-38). Cambridge: Cambridge University Press.
- Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work: Toward an activity-theoretical conceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-156.
- Engeström, Y., Miettinen, R., Punamäki, R.-L. (Eds.). (1999). *Perspectives on activity theory*. New York: Cambridge University Press.
- Engeström, Y. & Sannino, A. (2012). Whatever happened to process theories of learning? *Learning, Culture and Social Interaction*, 1(1), 45-56. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lcsi.2012.03.002>. Acedido a 25 ago. 2015.
- Eguchi, A. (2010). What is educational robotics? Theories behind it and practical implementation, In D. Gibson & B. Dodge (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010*, (pp. 4006-4014). Chesapeake, VA: AACE

- Eguchi, A. (2014). Why Robotics in Education? - Robotics as a Learning Tool for Educational Revolution, In M. Searson & M. Ochoa (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2014* (pp. 94-95). Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Ernest, P. (1995). The one and the many, In L. P. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in education*, (pp. 459-486). Hillsdale: Erlbaum.
- Fernandes, E. (1998). *A aprendizagem da Matemática Escolar num Contexto de Trabalho Cooperativo*. Tese de Mestrado: Departamento de Educação da Faculdade de Ciências de Lisboa. APM. Lisboa.
- Fernandes, E. (2004). *Aprender matemática para viver e trabalhar no nosso mundo*. Tese apresentada na Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Educação na área específica de Didática da Matemática. Disponível em: <http://cee.uma.pt/people/faculty/elsa.fernandes/artigos/Tese%20EMdSF.pdf>. Acedido a 15 mai. 2013.
- Fernandes, E. (2012a). Aprender Matemática Com Robots: a Dança entre a agência material e agência conceptual, In *Atas do XXIII SIEM Seminário de Investigação em Educação Matemática*, pp. 95-306. Lisboa: APM.
- Fernandes, E. (2012b). ‘Robots can’t be at two places at the same time’: material agency in mathematics class, In Tso T.Y. (Eds.), *Proceedings of the 36th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. 2, (pp. 227-234). Taipei, Taiwan: PME.
- Fernandes, E. (2013a). Aprendendo sobre a Aprendizagem das Funções com Robots, In E. Fernandes (Ed.), *Aprender Matemática e Informática com Robots*. (pp. 143 – 163), Funchal: Universidade da Madeira.
- Fernandes, E. (2013b). *Aprender Matemática e Informática com Robots*. Funchal: Universidade da Madeira.
- Fernandes, E. (2013c). O que Aprendemos sobre Aprender com Robots. In E. Fernandes (Ed.), *Aprender Matemática e Informática com Robots*. (pp. 248 – 263), Funchal: Universidade da Madeira.
- Fernandes, E. (2014). Construindo o Êxito em Matemática: O projeto CEM. *Revista Diversidades*, 43, janeiro-março 2014, Direcção Regional de Educação da Madeira. Disponível em: http://www02.madeira-edu.pt/Portals/5/documentos/PublicacoesDRE/Revista_Diversidades/Diversidades%2043.pdf. Acedido a 18 jul. 2016.
- Fernandes, E.; Fermé, E. & Oliveira, R. (2006). Using Robots to Learn Functions in Math Class, In L. H. Son, N. Sinclair, J. B. Lagrange & C. Hoyles (Eds.).

Proceedings of the ICMI 17 Study Conference: background papers for the ICMI 17 Study. Hanoi University of Technology. Vietnam.

- Fernandes, E.; Fermé, E. & Oliveira, R. (2009). The robot race: understanding proportionality as a function with robots in mathematics class, In *Proceedings of the Working Group 7. Cerme 6. The 6th Conference of European Research on Mathematics Education*, (pp. 1211- 1220). Lyon, France.
- Fernandes, E.; Lopes, P. C. & Martins, S. (2016). Designing Learning Scenarios with Robots for the Learning of Mathematics, In N. Amado, S. Carreira & K. Jones (Eds.). *Broadening the scope of research on mathematical problem solving: Focus on Technology, Creativity and Affect*. New York. Springer. (in press)
- Fernandes, E. & Martins, S. (2016). Using Robots to learn in a Primary School Practice: Participation, Competence and Agency. *International Journal of Early Years Education*. (Submitted)
- Fernandes, E.; Ribeiro, C.; Lopes, C.; Belo, F.; Pedro, R.; Vasconcelos, R. & Martins, S. (2007). Desenvolver Competências Matemáticas e Didáticas em Professores do 1º CEB: O Projecto CEM, In *Actas do IX Congresso da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação: “Educação para o sucesso: políticas e actores”*. (pp.1-11). Funchal, Madeira. Disponível em: <http://www.cee.uma.pt/people/faculty/elsa.fernandes/artigos/IXSPCEElsaFernandesfinal.pdf>. Acedido a 10 de ag. 2016.
- Fernandes, E. & Santos, M. (2013). Aprendizagem como Transformação Expansiva. In E. Fernandes (Ed.), *Aprender Matemática e Informática com Robots*. (pp. 24 – 46), Funchal: Universidade da Madeira.
- Fisher, B. Lucas T. & Galstyan, A. (2013). The Role of iPads in Constructing Collaborative Learning Spaces. *Technology, Knowledge and Learning*, 18(3), 165-178.
- Flick, U. (2005). *Métodos qualitativos na investigação científica*. Lisboa: Monitor.
- Frangou, S.; Papanikolaou, K.; Aravecchia, L.; Montel, L.; Ionita, S.; Arlegui, J.; Pina, A.; Menegatti, E.; Moro, M.; Fava, N.; Monfalcon, S. & Pagello, I. (2008). Representative examples of implementing educational robotics in school based on the constructivist approach, In *Proceedings of SIMPAR 2008, Intl. Conf. on Simulation, Modeling and Programming for Autonomous Robots*, (pp. 54-65). Venice, Italy.
- George, S. & Leroux, P. (2001). Project-Based Learning as a Basis for a CSCL Environment: An Example in Educational Robotics. *European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning* (Euro CSCL-2001), (pp. 269-276). Maastricht, Netherlands.

- Gomes, F. (2013). *Construindo Conhecimento: Utilização de robots na aprendizagem de funções*. Relatório da Prática de Ensino Supervisionada para a obtenção do Grau de Mestre em Ensino da Matemática no 3.º Ciclo do Ensino Básico e Secundário. Universidade da Madeira.
- Gómez-Blancarte, A. & Viramontes, I. M. (2014). Communities of Practice: A Theoretical Framework to Design For Teachers' Statistical Learning, In K. Makar, B. de Sousa, & R. Gould (Eds.), *Sustainability in statistics education. Proceedings of the Ninth International Conference on Teaching Statistics (ICOTS9, July, 2014)*, Flagstaff, Arizona, USA. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute.
- Goos, M. (2010). *Using technology to support effective mathematics teaching and learning: What counts?*. Disponível em http://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1067&context=research_conference. Acedido a 12 jun. 2016.
- Greeno, J. G. (1989). Situations, mental models and generative knowledge, In D. Klahr & K. Kotovsky (Ed.s), *Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon*, (pp. 285-318). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Greeno, J. G. & Middle School Mathematics Through Applications Project. (1998). The situativity of knowing, learning and research. *American Psychologist*, 53(1), 5-26. Disponível em: http://methodenpool.uni-koeln.de/situierτεςlernen/Greeno_1998.pdf. Acedido a 1 abr. 2013.
- Gresalfi, M.S., Martin, T., Hand, V. & Greeno, J. (2009). Constructing competence: An analysis of student participation in the activity systems of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 70(1), 49-70.
- Handley, K.; Clark, T.; Fincham, R. & Sturdy, A. (2006). Researching Situated Learning: Participation, Identity and Practices in Management Consultancy. *A Sturdy Management Learning*, 38(2), 173-191.
- Hodge, L. (2008). Student Roles and Mathematical Competence in Two Contrasting Elementary Classes. *Mathematics Education Research Journal*, 20(1), 32-51.
- Johnson, J. (2003). Children, robotics and education, In *Proceedings of the 7th international symposium on artificial life and robotics*. Vol. 7, (pp. 16–21), Oita, Japan.
- Jones, K. (1997), Children Learning to Specify Geometrical Relationships Using a Dynamic Geometry Package, In E. Pehkonen (Ed.), *Proceedings of the 21st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Vol. 3, (pp. 121-128), Helsinki, Finland.

- Jones, K. (1998), The Mediation of Learning within a Dynamic Geometry Environment, In A. Olivier and K. Newstead (Eds.), *Proceedings of the 22nd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Vol. 3, (pp. 96-103). Stellenbosch, South Africa: University of Stellenbosch.
- Jones, K. (2000), The Mediation of Mathematical Learning through the use of Pedagogical Tools: a sociocultural analysis. Invited paper presented at the *Conference on Social Constructivism, Socioculturalism, and Social Practice Theory: relevance and rationalisations in mathematics education*, Norway, March 2000.
- Joubert, M. (2013). Using digital technologies in mathematics teaching: developing an understanding of the landscape using three “grand challenge” themes. *Educational Studies in Mathematics*, 82(3), 341-359.
- Kaloti-Hallak, F.; Armoni, M. & Ben-Ari, M. (2015). The Effectiveness of Robotics Competitions on Students’ Learning of Computer Science. *Olympiads in Informatics*, Vol. 9, 89–112.
- Kandolfer, M. & Steinbauer, G. (2014). Evaluating the impact of robotics in education on pupils’ skills and attitudes, In *Proceedings of 4th International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics & 5th International Conference Robotics in Education*, (pp. 101-109). Padova (Italy). ISBN 978-88-95872-06-3.
- Kieran, C.; Forman, E. & Sfard, A. (Eds.). (2001). Bridging the individual and the social: Discursive approaches to research in mathematics education [PME special issue]. *Educational Studies in Mathematics*, 46,(1-3).
- Kilpatrick, W. H. (1918). The Project Method, *Teachers College Record*, 19(2), 319-335.
- Lagrange, J. -B.; Artigue, M.; Laborde, C. & Trouche, L. (2003). Technology and mathematics education: a multidimensional study of the evolution of research and innovation, In A.J. Bishop, M.A. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & F.K.S. Leung (Eds.). *Second International Handbook of Mathematics Education*. Vol. 1 (pp. 237-269). Dordrecht: Kluwer.
- Lave, J. (1988). *Cognition in Practice: Mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge USA: Cambridge University Press.
- Lave, J. (1992). *Learning as Participation in Communities of Practice*. Paper presented at the American Educational Research Association (AERA). San Francisco.
- Lave, J. (1996). Teaching, as Learning, in Practice. *Mind, Culture and Activity*, 3(3), 149-164.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Legrand, L. (1986). Pédagogie de projet, projet technique, *Bulletin de l'Association des Enseignants Activités Technologiques (AEAT)*, vol. 65 (3^{ème} trimestre).
- Lopes, P. C. & Fernandes, E. (2012). Uma corrida de robots na aula de matemática. *Revista Tecnologias na Educação*, 4(7), 1-13.
- Leont'ev, A. N. (1978). *Activity, consciousness, and personality*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Leont'ev, A. N. (1981). *Problems of development of the mind*. Moscow: Progress.
- Lemos, M.; Pereira-Querol, M. A. & Muniz de Almeida, I. (2013). The Historical-Cultural Activity Theory and its contributions to Education, Health and Communication: interview with Yrjö Engeström, *Interface - Comunicação, Saúde, Educação*, 17(46), 715-727.
- Lerman, S. (1998). A moment in the zoom of a lens: Toward a discursive psychology of mathematics teaching and learning, In A. Olivier & K. Newstead (Eds.), *Proceedings of the 22nd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME)*, Vol.1 (pp. 66-81). Stellenbosch: Psychology of Mathematics Education (PME).
- Luria, A. R. (1976). *Cognitive development its cultural and social foundations*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Maliuk, K. (2009). *Robótica educacional como cenário investigativo nas aulas de matemática*. Tese apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino da Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para obtenção do grau de Mestre em Ensino da Matemática. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17426/000710641.pdf?sequence=1>. Acedido a 22 jun. 2016.
- Mariotti, M. A. (2009). Artifacts and signs after a Vygotskian perspective: The role of the teacher. *ZDM Mathematics Education*, Vol. 41, 427-440.
- Martins, S. (2006). *Fundamentação numérica da Análise em Portugal em Anastácio da Cunha, Gomes Teixeira e Vicente Gonçalves*. Tese de Mestrado em Matemática, Área de Especialização em Matemática para o Ensino. Universidade da Madeira.
- Martins, S. (2012a). A competência numa prática com robots: Um projeto no 1.º CEB, In *Atas do II Congresso Internacional TIC e Educação*. (pp. 2016-2025). Lisboa. IE UL.
- Martins, S. (2012b). Os robots na aprendizagem de conceitos matemáticos: analisando o processo de transparência dos artefactos, In *Atas do XXIII SIEM Seminário de Investigação em Educação Matemática*, (pp. 85-96). Lisboa: APM.

- Martins, S. (2013a). Da escrita de uma história à produção de um filme. In E. Fernandes (Ed.), *Aprender Matemática e Informática com Robots*. Funchal: Universidade da Madeira, pp. (114–142). E-book disponível em: www.cee.uma.pt/droide2/ebook/index.html. Acedido a 13 out. 2015.
- Martins, S. (2013b). ‘Regime of competence’ in a school practice with robots. In: *Proceedings of the Working Group 10. Cerme 8. The 8th Conference of European Research on Mathematics Education*; (pp. 1774-1783). 2013 Feb 6 - 10; Antalya, Turkey: Starlight Convention Center, Thalasso & Spa Hotel; 2013.
- Martins, S. & Fernandes, E. (in press). A criação de uma história com robots: Um empreendimento conjunto. *Perspectiva*.
- Martins, S. & Fernandes, E. (2015a). Aprender matemática num projeto interdisciplinar com robots. *Revista Tecnologias na Educação*.7(13), Dez. 2015, 1-12.
- Martins, S. & Fernandes, E. (2015b). Hands-on Mathematics with Lego Robots. Hands-on Science. *Brightening our Future*. Costa MF Dorrió BV (Eds.); Hands-on Science Network, 2015, pp. 161-165.
- Martins, S. & Fernandes, E. (2015c). Robots como ferramenta pedagógica nos primeiros anos, *Revista Brasileira de Educação*, 20(61), abr.-jun, 333-358.
- Martins, S. & Fernandes, E. (2016). A aprendizagem matemática num projeto com robots. In F. Gouveia & G. Pereira (Org.). *Didática e Matética*. (in press). Funchal: CIE-UMa.
- Matos, J. F. (2000). Aprendizagem e prática social: Contributos para a construção de ferramentas de análise da aprendizagem Matemática escolar, In J. P. Ponte & L. Serrazina (Eds.), *Educação matemática em Portugal, Espanha e Itália* (pp. 65-94). Lisboa: SEM-SPCE.
- Matos, J. F. (2003). Educação Matemática como Fenómeno Emergente: Desafios e Perspectivas Possíveis. Conferência Paralela apresentada na *XI Conferência Interamericana de Educação Matemática (XI CIAEM) – Educação Matemática & Desafios e Perspectivas*. Universidade Regional de Blumenau. Santa Catarina, Brasil.
- Matos, J. F. (2008). Mediação e colaboração na aprendizagem em Matemática com as TIC, In A. Canavarro, D. Moreira, & M. I. Rocha (Orgs.), *Tecnologias e Educação Matemática* (pp. 76-88). Lisboa: SPCE.
- Matos, J. F. (2010a). *Princípios orientadores para o desenho de Cenários de Aprendizagem*. Lisboa: Projeto LEARN, APRENDER: Matemática, Tecnologia e Sociedade.
- Matos, J. F. (2010b). Towards a Learning Framework in Mathematics: taking participation and transformation as key concepts, In M. Pinto & T. Kawasaki

- (Eds.), *Proceedings of the 34th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol.1, (pp. 41-59). Belo Horizonte, Brazil: PME.
- Matos, J. F. (2013). Cenários de Aprendizagem como recursos estruturantes da ação em educação, In E. Fernandes (Ed.). *Aprender Matemática e Informática com robots*. (pp. 47-54). Funchal: Universidade da Madeira.
- Matos, J. F., & Carreira, S. P. (1994). Estudos de caso em educação matemática: Problemas actuais. *Quadrante*, 3(1), 19-53.
- Matos, J. F., & Santos, M. (2008). Disponível em: <http://learn-participar-situada.wikispaces.com/methodology>. Acedido a 12 dez. 2011.
- Meira, L. (1998), Making Sense of Instructional Devices: the emergence of transparency in mathematical activity. *Journal for Research in Mathematics Education*. 29(2), 121-142.
- Mitnik, R.; Nussbaum, M. & Soto, A. (2008). An Autonomous Educational Mobile Robot Mediator. *Autonomous Robot*. 25(4), 367-382.
- Mubin, O.; Stevens, C. J.; Shahid, S.; Mahmud, A. A. & Dong, J. (2013). A review of the applicability of robots in education, *Technology for Education and Learning*, 1, 1-7.
- Nardi, B. A. (1996). *Context and consciousness: activity theory and human-computer interaction*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Olive, J. (2010). Research on technology tools and applications in mathematics learning and teaching, In *Building a collaborative research community: Proceedings of an invitational planning conference for WISDOMe*. Laramie, Wyoming: University of Wyoming College of Education.
- Oliveira, R. (2007). *A robótica na aprendizagem da matemática: Um estudo com alunos do 8º ano de escolaridade*. Dissertação de Tese de Mestrado. Universidade da Madeira.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*. 2nd Edition. New York: Basic Books.
- Papert, S. (1985). *Logo: computadores e educação*. São Paulo: Editora Brasiliense.
- Papert, S. (1993). *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. New York: Basic Books.
- Petre, M. & Price, B. (2004). Using robotics to motivate 'back door' learning. *Education and Information Technologies*, 9(2), 147–158.

- Piaget, J. (1929). *The Child's Conception of the World*. New York, Harcourt, Brace and Company.
- Pisciotta, M.; Vello, B.; Bordo, C. & Morgavi, G. (2010). A robotic competition: a classroom experience in a vocational school. In: *Proceedings of the 6th WSEAS/IASME International Conference on Educational Technology (EDUTE'10)*, (pp.151-156). Sousse, Tunisia.
- Piteira, G., & Matos, J. F. (2000). Ambientes dinâmicos de geometria como artefactos mediadores para a aprendizagem da geometria. Disponível em: http://spiem.pt/DOCS/ATAS_ENCONTROS/2000/2000_03_GCPiteira.pdf. Acedido a 15 abr. 2015.
- Ponte, J.; Serrazina, L.; Guimarães, H.; Brenda, A.; Guimarães, F.; Sousa, H.; Menezes, L.; Martins, M.; Oliveira, P. (2007). *Programa de Matemática do Ensino Básico*. Ministério da Educação – DGIDC.
- Prescott, A. & Cavanagh, M. (2008). A situated perspective on learning to teach secondary mathematics, In M. Goos. R. Brown & K. Makar (Eds.). Navigating currents and charting directions. *Proceedings of the 31st annual conference of Mathematics Education Research Group of Australasia*, (pp. 407-413). Brisbane, QLD: MERGA.
- Price, A. J. (2003). Establishing a mathematical community of practice in the primary classroom, In: *Proceedings of the Working Group 8. Cerme 3. The 3rd Conference of European Research on Mathematics Education*; 2003 Feb 28 – Mar 03; Bellaria, Italia; (pp. 1-8). Disponível em: http://www.dm.unipi.it/~didattica/CERME3/proceedings/Groups/TG8/TG8_Price_cerme3.pdf. Acedido a 03 jun. 2016.
- Rabardel, P. & Samurçay, R. (2001). *From Artifact to Instrument-Mediated Learning*. New Challenges to research on learning. International symposium organized by the Center for Activity Theory and Developmental Work Research, University of Helsinki.
- Radford, L. (2003). Gestures, speech and the sprouting of signs: A semiotic-cultural approach to students' types of generalization. *Mathematical Thinking and Learning*, 5(1), 37-70.
- Resnick, M. (2002). Rethinking Learning in the Digital Age, In G. Kirkman (Ed.), *The Global Information Technology Report: Readiness for the Networked World* (pp. 32- 37). Oxford: Oxford University Press.
- Resnick, M. (2006). Computer as Paintbrush: Technology, Play, and the Creative Society, In Singer, D., Golikoff, R., and Hirsh-Pasek, K. (eds.), *Play = Learning: How play motivates and enhances children's cognitive and social-emotional growth*. Oxford: University Press.

- Resnick, M. (2013). *Learn to code, code to learn*. EdSurge. Disponível em: <http://web.media.mit.edu/~mres/papers/L2CC2L-handout.pdf>. Acedido a 29 Mar. de 2015.
- Resnick M., Ocko, S. (1991). Lego /Logo Learning Through and About Design, In S. Papert & I. Harel (Ed.). *Construcionism*, (pp.141-150). Ablex Publishing Corporation, US.
- Ribeiro, C. (2006). *RobôCarochinha: Um Estudo Qualitativo sobre a Robótica Educativa no 1º ciclo do Ensino Básico*. Tese de Mestrado em Educação, Tecnologia Educativa. Universidade do Minho, Instituto de Educação e Psicologia.
- Robotics Industries Association, (2009). *National Robot Safety Conference XXI. Robot Terms and Definitions*. Disponível em: <http://www.robotics.org/events-detail.cfm?id=60>. Acedido a 2 de Mar. de 2015.
- Rosson, M. B., & Carroll, J. M. (2002). Scenario-Based Design, In J. Jacko & A. Sears (Eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*. (pp. 1032-1050). Lawrence Erlbaum Associates.
- Rusk, N., Resnick, M., Berg, R., & Pezalla-Granlund M. (2008). New pathways into robotics: strategies for broadening participation. *Journal of Science Education and Technology*, 17, 59–69.
- Rusk, N., Resnick, M., & Cooke, S. (2009). Origins and guiding principles of the Computer Clubhouse, In Y. Kafai, K. Peppler, & R. Chapman (Eds.) *The Computer Clubhouse: Constructionism and creativity in youth communities* (pp. 17-25). New York: Teachers College Press.
- Santos, E. A. A. (2012). *Contribuição para o estudo da aprendizagem da matemática e da programação em comunidades virtuais de prática com foco no uso de robots como mediadores da aprendizagem*. Tese de Doutoramento em Matemática, Especialidade: Ensino da Matemática. Universidade da Madeira.
- Santos, M. P. (1996). *"Na aula de matemática fartamo-nos de trabalhar" - Aprendizagem e Contexto da Matemática Escolar*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa: Associação de Professores de Matemática.
- Santos, M. P. (2004). *Encontros e esperas com os Ardinas de Cabo Verde: aprendizagem e participação numa prática social*. Tese apresentada na Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Educação na área específica de Didática da Matemática. Disponível em: <http://sites.google.com/site/madalenapintosantos/doutoramento>. Acedido a 15 mai. 2013.

- Santos, M. P. & Matos, J. F. (2008). The Role Of Artefacts In Mathematical Thinking: A Situated Learning Perspective, In A. Watson, & P. Winbourne (Eds.), *New Directions for Situated Cognition in Mathematics Education* (pp.179-204). US: Springer.
- Savenye, W. C., & Robinson, R. S. (2004). Qualitative research issues and methods: An introduction for educational technologists, In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research on educational communications and technology*. (2nd ed., pp. 1045-1071). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Schoemaker, P. J. H. (1995). Scenario planning: a tool for strategic thinking. *Sloan Management Review*, 36 (2), 25-40, Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology.
- Silva, M. T. (2008). *As TIC como ferramentas mediadoras da aprendizagem matemática*. Dissertação de Mestrado em Educação: Especialidade em Didáctica da Matemática. Universidade de Lisboa.
- Silverman, D. (2011). *Interpreting qualitative data: A guide to the principles of qualitative research*. (4th ed.). London: Sage publications Ltd.
- Sklar, E.; Eguchi, A. & Johnson, J. (2003). RoboCupJunior Learning with Educational Robotics. *AI Magazine*, 24(2), 43-46.
- Skovsmose, O. (1994). *Towards a philosophy of critical mathematics education*. Dordrecht: Springer.
- Trouche, L. (2004). Managing the complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: Guiding students' command process through instrumental orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9, 281-307.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. (1981). The instrumental method in psychology, In J. V. Wertsch (Ed.) *The concept of activity in Soviet psychology*, (pp. 134-143). Armonk, N.Y.: Sharpe.
- Watson, A. (1998). Why situated cognition is an issue for mathematics education, In A. Watson (Ed.), *Situated Cognition and the Learning of Mathematics*, (pp. 1-13), Centre for Mathematics Education Research, Department of Educational Studies, Oxford: University of Oxford.
- Wenger, E. (1998). *Communities of Practice – learning, meaning and identity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wenger, E. (2006). *Communities of practice a brief introduction*. [Doc online]. Disponível em: <http://www.ewenger.com/theory/>. Acedido a 12 nov. 2013.

- Wenger, E. (2010). Communities of practice and social learning systems: the career of a concept, In Blackmore, C. (Ed.) *Social Learning Systems and communities of practice*. Springer Velag and the Open University.
- Wenger, E.; McDermott, R. & Snyder, W. M. (2002). *Cultivating communities of practice*. Boston, Massachusetts, USA: Harvard Business School Press.
- Wertsch, J. (Ed.). (1985). *Culture, Communication, and Cognition: Vygotskian Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wertsch, J. (1991). *Voices of the Mind: A socio-cultural approach to mediated action*. Hertfordshire, EUA: Harvester Wheatsheaf.
- Wertsch, J. V., & Addison Stone, C. (1985). The concept of internalization in Vygotsky's account of the genesis of higher mental functions, In J. V. Wertsch (Ed.), *Culture, communication and cognition: Vygotskian perspectives* (pp. 162–166). New York: Cambridge University Press.
- Whyffels, F.; Bruneel, K.; Kindermans, P. -J.; D'Haene, M.; Woestyn, P.; Bertels, P. & Schrauwen, B. (2011). Robot competitions trick students into learning, In *Proceedings of the 2nd International Conference on Robotics in Education, RiE2011*, (pp. 47-52), ISBN 978-3-200-02273-7.
- Williams, D.; Ma, Y.; Prejean, L.; Lai, G. & Ford, M. (2007). Acquisition of physics content knowledge and scientific inquiry skills in a robotics summer camp. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(2), 201–216.
- Winbourne, P. & Watson, A. (1998). Participating in Learning Mathematics Through Shared Local Practices in the Classrooms, In A. Watson (Ed.), *Situated Cognition and the Learning of Mathematics*, (pp.93-104). Oxford: Centre for Mathematics Education Research of the University of Oxford.
- Wollenberg, E., Edmunds, D., & Buck, L. (2000). *Anticipating Change: Scenarios: As Tools For Adaptive Forest Management*. CIFOR, Indonesia. Disponível em: http://www.cifor.org/livesinforessts/publications/pdf_files/scenarios.pdf. Acedido a 05 mar. 2014.
- Yoshino, K. & Zhang, S. (2015). STEM-based Education Learning Flow Using Robots for Systematical Understanding, *International Journal of E-Learning and Educational Technologies in the Digital Media (IJEETDM)*, 1(4), 182-188.

ANEXOS

Anexo 1: Informação enviada aos Encarregados de Educação



Ex.mos Senhores

Encarregados de Educação

Ana Sofia Gonçalves, professora da turma do 3.º ano e Teresa Faria, professora do 2.º ano no Externato do Bom Jesus, vêm requerer a V. Ex.ª autorização para proceder à recolha de dados, nomeadamente resposta a inquéritos, questionários ou entrevistas e de filmagens e/ou gravação de algumas aulas.

Os referidos registos visam a obtenção de dados para serem analisados no âmbito do projeto de investigação DROIDE II – Robots em Educação Matemática e Informática”, financiado pela FCT e cuja referência é PTDC/CED/099850/2008.

Funchal, 23 de Maio de 2011

As professoras

Rua das Hortas, n.º 599050-024 Funchal Telefone / Fax: 291220268
E-Mail: externatobomjesus@gmail.com

Anexo 2: Cenário de Aprendizagem: Uma história com robots

Contexto/ambiente: Uma história com robots segue uma metodologia de trabalho de projeto. O projeto terá a duração de 5 sessões e desenvolver-se-á com duas turmas – uma de 2º ano e uma do 3º ano de escolaridade da mesma escola a trabalharem em conjunto (24 e 16 alunos, respetivamente). Os grupos de trabalho serão constituídos por 4 alunos, escolhidos aleatoriamente, prevalecendo, no entanto, o facto de serem formados por alunos de ambas as turmas.

As sessões de trabalho conjunto serão realizadas no refeitório (por ser uma sala grande) tendo o apoio das professoras das áreas curriculares de ambas as turmas, da professora de Informática e dos membros da equipa do projeto envolvidos na recolha de dados.

Ao longo das sessões serão utilizados instrumentos de recolha de dados (áudio e vídeo).

Numa primeira fase procurar-se-á indagar quais as conceções dos alunos acerca de um robot (O que o caracteriza? Que materiais são usados na sua construção? ...). A discussão será fomentada no sentido de construir uma ideia partilhada do que é um robot.

Serão facultados aos alunos *kits* de montagem de robots, com as respetivas instruções de montagem. Os robots serão de várias categorias (humanoides, veículos, animais, estruturas que produzem movimento).

Os vários grupos de alunos deverão descrever quais as características físicas e em termos de ‘personalidade’ do seu robot uma vez que estes constituirão posteriormente as personagens de uma história criada pelos alunos dos vários grupos de trabalho.

O enredo principal da história deverá ser decidido em grande grupo. Os alunos aprenderão a programar os robots e posteriormente terão de programá-los de acordo com a história construída.

Para quê: Compreender a diferença entre um artefacto que é robot e um que não o é. Alargar a ideia do que é um robot. Construir, com peças da Lego, artefactos que são ou não robots. Construir robots que serão personagens da história (seguindo as instruções fornecidas). Programar e testar os robots. Construir o ‘esqueleto’ da história. Escolher

qual o melhor enredo e argumentar a favor ou contra. Compreender os conceitos matemáticos que emergem na atividade.

Enredo e Sequência das Atividades: Numa primeira sessão os alunos das duas turmas irão realizar um jogo com o objetivo de se conhecerem um pouco melhor. Iniciaremos a sessão seguinte pedindo aos alunos que, ‘definam’ o que é um robot. Depois será apresentado um excerto do filme Wall-E. Em seguida será solicitado que desenhem um robot e que escrevam uma frase sobre o robot. Posteriormente contactarão com artefactos construídos (pela equipa do projeto) com peças Lego sendo que uns serão robots e outros não. No final da sessão será feita uma discussão com os alunos sobre esta temática. Pretende-se que os alunos construam uma ideia partilhada do que é um robot.

Na sessão seguinte serão levados *Kits* de montagem de robots (RCX, NXT e PicoCriket) e instruções de montagem dos mesmos. Os *Kits* serão relativos a robots de várias categorias (veículos, animais, humanoides, estruturas que produzem movimento). Uma vez que o número de grupos será 10, terão que ser preparados *kits* de montagem em número superior, permitindo opção de escolha por parte dos grupos de trabalho. Espera-se que os alunos precisem de duas sessões de trabalho para a montagem dos robots. Os *softwares* de programação serão instalados em computadores de membros da equipa e em computadores pessoais dos alunos (Magalhães).

À medida que os grupos de trabalho terminem a montagem dos robots poderão iniciar a programação dos mesmos, experimentando o *software* de programação referente ao seu robot. Ao longo do trabalho procuraremos monitorizar atentamente o desenvolvimento da atividade proposta e o envolvimento de cada aluno, garantindo que cada um contribui com os seus conhecimentos e as suas aptidões para a construção do produto final.

Após os grupos terem montado o seu robot deverão elaborar um pequeno texto descrevendo os atributos que o definem (seu nome, de que animal ou veículo se trata, características da sua personalidade, se têm atividade profissional, quais os seus gostos e interesses, ...). Os textos deverão ser apresentados ao grande grupo para que todos os alunos se familiarizem com os robots construídos e conheçam as suas características.

Desta feita deverá ser construído, no grande grupo, o enredo principal para a história. Ao longo das sessões procuraremos explorar ideias criativas dos alunos e de outros colegas de maneira que o produto final seja construído por todos.

Como os alunos/grupos têm ritmos de trabalho diferentes e o nível de dificuldade de construção dos robots não será o mesmo acreditamos que a partir da 3.^a sessão os diferentes grupos estarão com tarefas distintas.

Após a história estar escrita os diversos grupos de trabalho irão programar os seus robots para desempenhar o seu papel na história.

Numa última fase será feita uma dramatização da história elaborada pelos alunos, onde os diferentes robots desempenharão os seus papéis.

Porquê?: A implementação do cenário pretende contribuir para o desenvolvimento nos alunos da: capacidade para raciocinar matematicamente, explorando situações matemáticas, procurando diferentes estratégias, fazendo e testando conjecturas, formulando generalizações; aptidão para discutir com os outros e comunicar descobertas e ideias matemáticas, utilizando uma linguagem, oral e escrita, adequada à situação; capacidade para usar a matemática, em combinação com outros saberes, na compreensão de situações reais, bem como a utilização de raciocínio crítico relativamente à utilização de procedimentos e resultados matemáticos.

Refletindo sobre: Espaço para que os professores e/ou investigadores reflitam sobre a sua experiência/participação na execução do cenário.

Interdisciplinaridade: Ao longo das sessões de trabalho procurar-se-á aprofundar conhecimentos específicos das áreas curriculares da Matemática, da Informática, da Língua Portuguesa bem como de outras áreas curriculares e extracurriculares.

Atividades de extensão e/ou Produtos: História escrita pelos alunos.

Recursos e materiais: Artefactos que sejam robots e outros que não sejam; vídeo projetor, papel, canetas, peças Lego, pilhas, carregadores, *Kits* e instruções de montagem de robots (os modelos RCX terão como estrutura base as disponíveis em <http://cache.lego.com/bigdownloads/buildinginstructions/4157492.pdf> e os modelos NXT dependerão da escolha feita pelos alunos de entre vários modelos NXT disponibilizados), computadores com os *softwares* RCX, NXT e PicoCricket, vídeos-gravadores, máquinas fotográficas.