

A Nossa
Universidade

Colégio dos Jesuítas
Rua dos Ferreiros - 9000-082, Funchal

Tel: +351 291 209400
Fax: +351 291 209410
Email: gabinetedareitoria@uma.pt

DM

A Influência do Tipo de Envidraçados e da Inércia Térmica dos Materiais
na Prevenção de Situações de Sobreaquecimento no Verão
Uma análise baseada no RCCTE

José Miguel Esteves Chaves



A Influência do Tipo de Envidraçados e da Inércia
Térmica dos Materiais na Prevenção de Situações
de Sobreaquecimento no Verão
Uma análise baseada no RCCTE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

José Miguel Esteves Chaves

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL


UNIVERSIDADE da MADEIRA
A Nossa Universidade
www.uma.pt

janeiro | 2014

DIMENSÕES: 45 X 29,7 cm

PAPEL: COUCHÊ MATE 350 GRAMAS

IMPRESSÃO: 4 CORES (CMYK)

ACABAMENTO: LAMINAÇÃO MATE

NOTA*

Caso a lombada tenha um tamanho inferior a 2 cm de largura, o logótipo institucional da Uma terá de rodar 90°, para que não perca a sua legibilidade/identidade.

Caso a lombada tenha menos de 1,5 cm até 0,7 cm de largura o layout da mesma passa a ser aquele que consta no lado direito da folha.



**A Influência do Tipo de Envidraçados e da Inércia
Térmica dos Materiais na Prevenção de Situações
de Sobreaquecimento no Verão**
Uma análise baseada no RCCTE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

José Miguel Esteves Chaves

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

ORIENTAÇÃO
João Alves e Sousa

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação de mestrado é o resultado de muitas e longas horas de trabalho, possível no âmbito do protocolo de cooperação existente entre a Universidade da Madeira e o Laboratório Regional de Engenharia Civil, bem como à colaboração e contributo que me foram proporcionados por várias pessoas, às quais gostaria de exprimir os meus sinceros agradecimentos.

Ao Doutor João Alves e Sousa Investigador Principal do Laboratório Regional de Engenharia Civil, pela orientação, atenção, sugestões e disponibilidade que contribuíram para alcançar os objetivos da presente dissertação.

À Arquiteta Frederica Ribeiro, por todo o apoio prestado e disponibilidade demonstrada no esclarecimento de dúvidas, bem como na realização do projeto de arquitetura da moradia unifamiliar e características térmicas construtivas.

Ao Dr. Rui Alberto de Faria Rebelo, Presidente da Empresa de Eletricidade da Madeira, pela sua disponibilidade e ensinamento na elaboração da análise económica efetuada neste estudo, dada a sua larga experiência na gestão empresarial.

Ao Eng. Carlos Laia, sócio-gerente do CEEETA-ECO, com 20 anos de experiência nas temáticas da eficiência energética, pela sua revisão e sugestões disponibilizadas.

Aos meus Pais e Irmãos, por todo o estímulo, compreensão e paciência demonstrados ao longo de todo o meu percurso académico.

RESUMO

A importância dos vãos envidraçados deve-se não só à sua contribuição para o isolamento térmico da habitação, mas também, por permitirem obter uma otimização dos ganhos solares, maximizando-os no inverno e minimizando-os no verão, contribuindo deste modo para a melhoria das condições de conforto e diminuição dos consumos energéticos.

Sendo os vãos envidraçados elementos bastante favoráveis às trocas de calor, torna-se necessário conhecer de que forma as diferentes soluções envidraçadas existentes no mercado, e proteções solares/oclusão noturna, podem influenciar o desempenho térmico dos edifícios. Com a crescente tendência de utilização do vidro na construção torna-se ainda mais importante uma escolha criteriosa das soluções para os vãos envidraçados.

Este trabalho contribui para a avaliação da influência do tipo de envidraçados e da inércia térmica dos materiais, na prevenção de situações de sobreaquecimento no verão, com base no RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios), bem como para identificar a melhor relação custo/benefício das soluções.

Como caso de estudo, considerou-se uma moradia unifamiliar, simulando diferentes soluções envidraçadas e analisado o seu impacto na moradia.

A metodologia consistiu numa análise paramétrica e económica, sustentada no RCCTE e direcionada para a influência dos envidraçados na prevenção do sobreaquecimento no verão. Para a análise da viabilidade económica das soluções propostas, recorreu-se à metodologia definida pela ADENE (Agência para a Energia), pelo cálculo dos custos de exploração e períodos de retorno do investimento, e também o método VAL (Valor Atual Líquido) que pressupõe uma análise do investimento ao longo do tempo.

Com este trabalho, conclui-se que um projeto cuidado dos vãos envidraçados e uma seleção criteriosa dos elementos construtivos, aliados a uma análise inerente ao custo/benefício, contribui significativamente para a escolha adequada das soluções construtivas a adotar, de forma a privilegiar o conforto térmico, o desempenho energético dos edifícios e a conservação de energia.

Palavras-chave: RCCTE, inércia térmica, vão envidraçado, desempenho energético

ABSTRACT

The importance of glazed areas in buildings is due not only to its contribution to their thermal insulation, but also for obtaining an optimization of solar gains, maximizing them on winter and minimizing them on summer, thereby contributing to the improvement of comfort conditions and energy consumption reduction.

Being glazed areas very favorable to heat exchange, it becomes necessary to know how the different glazed solutions on the market and solar protections/night occlusion, may influence the thermal performance of buildings. With the growing trend towards the use of glass in construction it becomes even more important to carefully select the solutions to the glazed areas.

The present work aims to contribute to the assessment of the influence of the type of glazing and thermal mass materials in preventing situations of overheating in summer, based on the Portuguese Regulation on the Thermal Behavior of Buildings (RCCTE) and to identify the best cost/benefit ratio for the solutions studied.

As a case study, we considered a single-family dwelling, where different glazing solutions were simulated and its impact on housing analyzed.

The methodology consisted of a parametric and economic analysis based on RCCTE, sustained and directed to the influence of the glazing in preventing overheating in summer. For the analysis of the economic viability of the proposed solutions, we resorted to the methodology defined by ADENE (Portuguese Energy Agency) by calculating operating costs and payback periods, and also the NPV (Net Present Value) method which requires an examination of the investment over time.

With this work, it is concluded that careful design of glazed areas, and a careful selection of building elements, combined with a corresponding analysis of its cost/benefit, contributes significantly to the choice of constructive solutions to adopt, in order to promote thermal comfort, thermal performance of buildings and energy conservation.

Keywords: RCCTE, thermal inertia, glazing area, energy performance

ÍNDICE

Capítulo 1 - Introdução.....	1
1.1 - Enquadramento do tema.....	1
1.2 - Motivações e objetivos.....	3
1.3 - Estrutura do trabalho.....	4
Capítulo 2 - Transferência de calor.....	5
2.1 - Condução.....	6
2.2 - Convecção.....	7
2.3 - Radiação.....	8
Capítulo 3 - Vãos envidraçados na construção.....	11
3.1 - Propriedades dos vãos envidraçados.....	12
3.1.1 - Aspeto e conforto visual.....	12
3.1.2 - Conforto térmico.....	12
3.1.3 - Radiação solar.....	13
3.1.4 - Desempenho térmico e ótico.....	15
3.1.4.1 - O coeficiente de transmissão térmica (U).....	16
3.1.4.2 - Fator solar ($g_{\perp v}$).....	17
3.1.4.3 - Coeficiente de transmissão visível (T_{vis}).....	18
3.1.5 - Propriedades técnicas.....	19
3.2 - Tipos de vidros mais utilizados no mercado.....	21
3.2.1 - Vidro simples.....	21
3.2.2 - Vidro duplo.....	22
3.2.3 - Vidro duplo com baixa emissividade (low-e).....	23
3.2.4 - Vidro refletivo ou metalizado.....	24
3.3 - Caixilharia.....	25
3.4 - Dispositivo de oclusão noturna e sombreamento.....	26
3.5 - Soluções construtivas mais comuns em Portugal.....	27
Capítulo 4 – Metodologia.....	31
4.1 - (RCCTE) Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Indicadores e parâmetros utilizados.....	31
4.2 - Parâmetros utilizados na análise paramétrica e económica.....	37
4.2.1 - Validação do programa de cálculo Excel 2013.....	38
Capítulo 5 - Caracterização do caso de estudo, sua envolvente e discussão de resultados.....	39

5.1 - Apresentação do caso de estudo	39
5.2 - Caracterização dos elementos da envolvente	40
5.2.1 - Envolvente opaca exterior.....	41
5.2.2 - Envolvente opaca interior	44
5.2.3 - Quantificação da inércia térmica interior.....	47
5.2.4 - Ponte térmica linear	48
5.3 - Soluções envidraçadas	49
5.4 - Influência das várias soluções envidraçadas e classe de inercia térmica	54
5.5 - Influência da área de envidraçado	67
5.6 - Orientação da moradia.....	72
5.7 - Influência dos dispositivos de sombreamento/oclusão noturna	77
5.8 - Alteração da cota de implantação da moradia na RAM.	82
5.9 - Casos extremos em Portugal Continental.....	84
Capítulo 6 - Análise económica.....	89
6.1 - Método Simples - ADENE.....	91
6.2 - Método do Valor Atual Líquido (VAL)	92
6.3 - Apresentação e discussão de resultados da viabilidade económica	93
Capítulo 7 - Conclusão e desenvolvimentos futuros	97
7.1 - Conclusões.....	97
7.2 - Desenvolvimentos futuros	99
8 - Bibliografia	101
Anexo I - Planta e alçados	105
ANEXO II - Coeficiente de transmissão térmica	111
Anexo III - Análise económica – VAL	117
Anexo IV – Folhas de cálculo	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo de energia final por setor 2010 (DGEG, 2010)	1
Figura 2 - Condução do calor em regime permanente e fluxo unidirecional (Incropera, Dewitt, Bergman, & Lavine, 2007).	6
Figura 3 - Espectro eletromagnético (http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla)	9
Figura 4 - Elementos da janela (finstral)	11
Figura 5 - Trajetória e incidência do sol no inverno e verão, respetivamente, numa fachada orientada a Sul. (ADENE)	14
Figura 6 - Trajetória e incidência do sol no inverno e verão respetivamente numa fachada orientada a Este (ADENE)	14
Figura 7 - Processos de transferência de calor numa janela (Jitka e Hasim, 2009).....	16
Figura 8 - Componentes que constituem as trocas de calor através de uma janela relacionadas com o valor de U (Carmody, 2004).	17
Figura 9 - Comportamento térmico do vidro à energia solar incidente (Carmody, et al., 2007).....	18
Figura 10 - Comportamento ótico do vidro à energia solar incidente (Carmody et al., 2007)	19
Figura 11 - Vidro simples incolor (esquerda) e colorido (direita) (efficient window)	22
Figura 12 - Vidro duplo incolor (esquerda) e colorido (direita) (efficient windows).....	22
Figura 13 - Representação esquemática e pormenor construtivo de um vidro de isolamento térmico (vidro duplo) (Schittich, 2001)	24
Figura 14 - vidro low-e (alto ganho solar); vidro low-e (ganho moderado); vidro low-e (baixo ganho solar) (efficient windows).....	24
Figura 15 - Camada refletiva num sistema de vidro duplo colorido (efficient windows). ...	25
Figura 16 – Caixilharia de alumínio, com corte térmico (finstral)	26
Figura 17 - Escala de cores de tratamento de dados	37
Figura 18 - Obtenção do U_g , $g_{\perp v}$ e T_{vis} das soluções envidraçadas pelo Software CalumenII	37
Figura 19 - Solução parede opaca exterior, para a inercia térmica fraca, média e forte respetivamente.	41
Figura 20 - Solução ponte térmica plana opaca exterior, para a inercia térmica fraca, média e forte respetivamente.....	42
Figura 21 - Solução pavimento em contato com o solo.	43

Figura 22 - Solução parede de separação com local-não-aquecido, para a determinação da inercia térmica fraca, média e forte respetivamente.	45
Figura 23 - Solução construtiva laje de teto	45
Figura 24 - Solução parede interior para determinação da inercia térmica fraca, média e forte respetivamente.	46
Figura 25 - Perdas e ganhos térmicos no inverno.....	55
Figura 26 - Necessidades anuais de aquecimento em função da classe de inércia térmica e fator de utilização dos ganhos solares	57
Figura 27 - Perdas e ganhos térmicos no verão	59
Figura 28 - Necessidades nominais de arrefecimento anuais em função da classe de inércia térmica e fator de utilização dos ganhos térmicos.....	61
Figura 29 - Perdas e ganhos de calor anual	64
Figura 30 - Percentagem de área de envidraçado, em relação à área útil de pavimento, na estação de aquecimento.	68
Figura 31 - Percentagem de área de envidraçado, em relação à área útil de pavimento, na estação de arrefecimento.	70

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação inércia térmica interior (quadro VII.6 RCCTE).....	33
Quadro 2 - Influência dos revestimentos superficiais interiores na massa superficial útil (ADENE, 2011).....	34
Quadro 3 - Resultados do estudo comparativo entre software	38
Quadro 4 - Compartimentos da habitação e respetiva área útil.....	39
Quadro 5 - Vãos envidraçados da moradia unifamiliar.....	40
Quadro 6 - Elementos de caracterização da parede exterior	41
Quadro 7 - Elementos de caracterização da ponte térmica plana exterior.....	43
Quadro 8 - Elementos de caracterização do pavimento em contato com o solo	44
Quadro 9 - Elementos de caracterização da parede de separação de local-não-aquecido ...	45
Quadro 10 - Elementos de caracterização da laje de teto	46
Quadro 11 - Elementos de caracterização da parede interior	47
Quadro 12 - Determinação da inércia térmica fraca.....	47
Quadro 13 - Determinação da inércia térmica média	48
Quadro 14 - Determinação da inércia térmica forte	48
Quadro 15 - Perdas lineares pela envolvente exterior	49
Quadro 16 - Perdas lineares pela envolvente interior.....	49
Quadro 17 - Características dos vidros constituintes das várias soluções estudadas (Saint Gobain Glass, 2013)	50
Quadro 18 - Aplicação e vantagens de utilização das soluções estudadas(Saint Gobain Glass, 2013).....	51
Quadro 19 - Perdas e ganhos térmicos no inverno	55
Quadro 20 - Necessidades anuais de aquecimento em função da classe de inércia térmica e fator de utilização dos ganhos solares	57
Quadro 21 - Perdas e ganhos térmicos no verão	60
Quadro 22 - Necessidades nominais de arrefecimento anuais em função da classe de inércia térmica e fator de utilização dos ganhos térmicos.	61
Quadro 23 - Necessidades nominais de globais anuais de energia primária em função da classe de inércia térmica e classe energética.	65
Quadro 24 - Percentagem de área de envidraçado, em relação à área útil de pavimento, na estação de aquecimento.	68

Quadro 25 - Percentagem de área de envidraçado, em relação à área útil de pavimento, na estação de arrefecimento.	70
Quadro 26 - Necessidades nominais globais anuais de energia primária e classificação energética em função área envidraçada.	72
Quadro 27 - Fator de orientação e intensidade da radiação solar.	73
Quadro 28 - Necessidades nominais de aquecimento e fator de utilização dos ganhos térmicos, face à orientação da moradia.	73
Quadro 29 - Necessidades nominais de arrefecimento e fator de utilização dos ganhos térmicos, face à orientação da moradia.	74
Quadro 30 - Necessidades globais anuais nominais de energia primária, face à orientação da moradia.	76
Quadro 31 - Influência dos dispositivos de sombreamento/oclusão noturna na estação de aquecimento.	78
Quadro 32 - Influência dos dispositivos de sombreamento/oclusão noturna na estação de arrefecimento.	79
Quadro 33 - Influencia dos dispositivos de proteção solar/oclusão noturna no fator solar das soluções envidraçadas, na estação de arrefecimento.	80
Quadro 34 - Influência dos dispositivos de sombreamento/oclusão noturna, nas necessidades globais anuais nominais de energia primária.	81
Quadro 35 - Característica dos locais de implantação na RAM.	82
Quadro 36 - Influência da alteração da cota de implantação da moradia na RAM, na estação de aquecimento.	83
Quadro 37 - Influencia da alteração da cota de implantação da moradia na RAM, nas necessidades globais anuais nominais de energia primária.	84
Quadro 38 - Característica dos locais de implantação em Portugal Continental.	85
Quadro 39 - Necessidades energéticas de aquecimento, em Portugal Continental.	85
Quadro 40 - Necessidades energéticas de aquecimento, em Portugal Continental.	86
Quadro 41 - Necessidades globais anuais nominais de energia primária, em Portugal Continental.	87
Quadro 42 - Custo das soluções envidraçadas para a moradia unifamiliar.	90
Quadro 43 - Custo dos dispositivos de proteção solar/oclusão noturna.	90
Quadro 44 - Custo dos dispositivos de sombreamento.	90
Quadro 45 - Análise económica método ADENE.	93
Quadro 46 - Análise económica método VAL.	94

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Siglas

ADENE - Agência para a Energia;

ANFAJE – Associação Nacional dos Fabricantes de Janelas Eficientes;

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers;

BTN – Baixa Tensão Normal;

DL – Decreto-lei;

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

PNAEE - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética;

PRS – Período de Retorno simplificado;

RAM – Região Autónoma da Madeira;

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios;

RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços;

REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação;

SCE - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios;

VAL – Valor atual Líquido;

Simbologia

A - Área de exposição (m^2), perpendicular ao fluxo de calor;

A_e - Fração da energia absorvida reenviada para o exterior;

A_f - Área da caixilharia visível (m^2);

A_g - Área do vidro visível (m^2);

A_i - Fração da energia absorvida reenviada para o interior;

A_p - Área útil de pavimento (m^2);

A_{snj} - Área efetiva coletora da radiação solar do vão envidraçado (m^2);

Ca - Variação do custo do investimento, face à solução envidraçada 1 (€);

CO₂ - Dióxido de carbono;

Custo_{i,v} - Custo da energia elétrica, usada por equipamentos de climatização (€/kWh);

Custo_{aq,s} - Custo da energia (gás natural), utilizada pelos equipamentos de preparação de águas quentes sanitárias (€/kWh);

ε - Coeficiente de emissividade de um corpo;

e - Espessura perpendicular ao fluxo de calor que atravessa o elemento (m);

F_{pu} - Fator de conservação de energia útil em energia primária (kgep/kWh);

F_h - Fator de sombreamento pelo horizonte;
 F_s - Fator de obstrução do vão envidraçado;
 F_o - Fator de sombreamento por elementos horizontais;
 F_f - Fator de sombreamento por elementos verticais;
GD - Numero de graus-dias na estação de aquecimento ($^{\circ}\text{C}.\text{dias}$);
 g_{\perp} - Fator solar do vão envidraçado;
 $g_{\perp v}$ - Fator solar do envidraçado;
 $g_{\perp 100\%}$ - Fator solar do vão envidraçado, com os dispositivos de oclusão noturna/proteção solar 100% ativos;
 $g_{\perp \text{verão}}$ - Fator solar do vão envidraçado, na estação de arrefecimento;
 $g_{\perp \text{inverno}}$ - Fator solar do vão envidraçado, na estação de aquecimento;
I - Investimento inicial das soluções adotadas (€);
i - Taxa de desconto - capital asset pricing model;
 I_g - Energia solar global incidente (radiação direta + difusa);
 I_t - Inércia térmica interior (kg/m^2);
 I_{tj} - Energia solar incidente no vão envidraçado por orientação (kWh/m^2);
kgep - Quilograma equivalente de petróleo;
 L_f - Perímetro do vidro visível (m);
M - Duração média da estação convencional de aquecimento (meses);
 M_{si} - Massa superficial útil do elemento i (kg/m^2);
 N_{ic} - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento ($\text{kWh}/\text{m}^2.\text{ano}$);
 N_{vc} - Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento ($\text{kWh}/\text{m}^2.\text{ano}$);
 N_{ac} - Necessidades nominais anuais de energia para a produção de águas quentes sanitárias ($\text{kWh}/\text{m}^2.\text{ano}$);
 N_{tc} - Necessidades nominais globais de energia primária ($\text{kgep}/\text{m}^2.\text{ano}$);
p, n - Numero de anos;
P1 - Variação do custo de exploração, face à solução envidraçada 1 [$\text{€}/\text{ano}$];
Q - Quantidade de calor transferido por condução (W);
 Q_{ext} - Perdas térmicas na estação de aquecimento (kWh);
 Q_s - Ganhos térmicos na estação de aquecimento (kWh);
 Q_1 - Perdas térmicas na estação de arrefecimento (kWh);
 Q_2 - Ganhos térmicos na estação de arrefecimento (kWh);
Rph - Taxa de renovação nominal do ar;

r_i - Fator de correção por influência dos revestimentos superficiais;
 R - Reflexão energética global;
 R_p - Custo de exploração num determinado ano (€/ano);
 R_j - Resistência térmica ($m^2 \cdot ^\circ C/W$);
 $T(K)$ - Temperatura absoluta do corpo (K), dada por $T(K) = 273,2 + T(^{\circ}C)$;
 T - Transmissão energética global;
 T_s - Temperatura superficial ($^{\circ}C$);
 T_{sur} - Temperatura na vizinhança da superfície ($^{\circ}C$);
 T_{vis} - Coeficiente de transmissão visível;
 U - Coeficiente de transmissão térmica ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);
 U_f - Coeficiente global de transferência de calor da caixilharia ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);
 U_g - Coeficiente global de transferência de calor do vidro ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);
 U_w - Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);
 U_{wdn} - Coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite do vão envidraçado ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);
 W - Watt;
 X_j - Fator de orientação para as diferentes orientações;
 $\frac{dT}{dx}$ - Gradiente de temperatura;
 θ_i - Temperatura interior ($^{\circ}C$);
 θ_e - Temperatura exterior ($^{\circ}C$);
 σ - Constante de Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$);
 Ψ - Coeficiente global de transferência de calor linear do vidro ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);
 λ - Condutibilidade térmica do material ($W/m \cdot ^\circ C$);
 ρ - Massa volúmica aparente (kg/m^3);
 α - Difusividade térmica;
 μm - micrómetro ($10e^{-6}m$);
 ΔC_{expl} - Variação do custo de exploração face à solução envidraçada 1 (€/ano);
 Δt e Δx - Intervalo tempo e distancia entre pontos nodais interiores.
 α - Taxa de crescimento anual do custo de exploração com a atualização tarifária de energia;
 η - Fator de utilização dos ganhos térmicos;
 η_i - Eficiência nominal do equipamento de climatização da estação de aquecimento [1];
 η_v - Eficiência nominal do equipamento de climatização da estação de arrefecimento [3];
 η_{aqs} - eficiência nominal do equipamento de preparação de águas quentes sanitárias [0.9];

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Enquadramento do tema

A energia é considerada na atualidade um dos elementos estratégicos de qualquer sociedade, de vital importância para a economia, estando fortemente relacionado com a temática da térmica de edifícios, que assume cada vez mais importância nos dias de hoje devido às fortes implicações associadas ao consumo energético.

A energia consumida nos edifícios representa cerca de um terço do consumo energético na União Europeia, originando quantidades elevadas de emissão de CO₂ para a atmosfera, sendo responsável por importantes impactos ambientais. Assim, torna-se necessário a adoção e uso de medidas que visem o desenvolvimento sustentável na construção, nomeadamente através do uso de materiais de construção adequados na envolvente do edifício quer pela utilização de sistemas passivos de aquecimento/arrefecimento, e ainda pela utilização de energias renováveis, de modo a promover a redução da faturação energética dos edifícios e melhorar o conforto ambiental no seu interior.

No que concerne a Portugal, verifica-se que é um país com poucos recursos energéticos próprios (como o petróleo, o carvão e o gás), conduzindo a uma elevada dependência energética do exterior, 77% em 2010, sendo totalmente dependente das importações primárias de origem fóssil, importando assim aumentar a contribuição das energias renováveis: hídrica, eólica, solar, geotérmica, biomassa (sólida, líquida e gasosa) (DGGE, 2010). Em 2010, o peso do consumo dos principais setores de atividade económica relativamente ao consumo final de energia, foi de 30% na Indústria, 37% nos Transportes, 17% no Doméstico, 11% nos Serviços e 6% nos outros setores (onde se inclui a Agricultura, Pescas, Construção e Obras Públicas) (ver Figura 1). Constata-se assim uma forte incidência dos setores de indústria e transportes no consumo de energia final (DGEG, 2010).

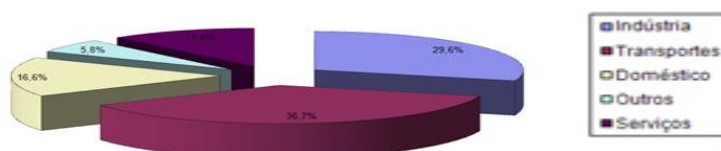


Figura 1 - Consumo de energia final por setor 2010 (DGEG, 2010)

Relativamente ao setor dos edifícios, este é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa e cerca de 30% para o caso de Portugal,

sendo os edifícios de habitação responsáveis por 17% (DGEG, 2010). Porém, segundo o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE, 2016), foi estabelecido como objetivo geral, uma redução de 25% no consumo de energia primária para o horizonte de 2020, através de medidas de eficiência energética, visando alcançar uma significativa redução das emissões de gases com efeito de estufa.

De modo a contrariar esta tendência, foi implementado, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, 2006), que visa a redução dos consumos energéticos associados ao conforto térmico e qualidade do ambiente interior dos edifícios, quer no Inverno quer no Verão, através da melhoria da qualidade térmica da envolvente. Este regulamento (RCCTE), veio estabelecer requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação e de pequenos edifícios de comércio e serviços sem sistemas de climatização, nomeadamente ao nível das características da envolvente (paredes, envidraçados, pavimentos e coberturas), limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos. Impõe limites aos consumos energéticos da habitação para climatização e produção de águas quentes, num claro incentivo à utilização de sistemas eficientes e de fontes energéticas com menor impacto em termos de consumo de energia primária, determinando também a instalação de coletores solares, bem como valoriza a utilização de outras fontes de energia renovável na determinação do desempenho energético do edifício. Com a implementação deste regulamento, pretende-se um aumento dos padrões de qualidade da construção no nosso país, obrigando por isso, a uma grande mudança nas práticas construtivas adotadas.

Deste modo, a sustentabilidade na construção passa por três medidas essenciais: a melhoria dos projetos em termos de eficiência energética, diminuindo as suas necessidades em iluminação, ventilação e climatização artificiais; a substituição do consumo de energia convencional por energia renovável, não poluente e gratuita, e finalmente, a utilização de materiais locais, preferencialmente materiais de fontes renováveis ou com possibilidade de reutilização e que minimizem o impacto ambiental.

Também na construção, a envolvente dos edifícios, no que respeita à sua geometria e características construtivas, desempenha um papel preponderante no seu comportamento térmico. Desta forma, a escolha dos materiais a incorporar nos edifícios considera-se determinante, consoante o elemento da envolvente que se pretende analisar, a zona climática em que o edifício será implantado ou a exposição à radiação solar a que este se encontrará sujeito, para que se assegurem boas condições de conforto térmico. A importância dada ao domínio da térmica de edifícios, não se restringe apenas à necessidade de aplicação das

exigências regulamentares mas, acima de tudo, prende-se com o objetivo de garantir a sustentabilidade da indústria da construção do ponto de vista económico e ambiental.

Os vãos envidraçados, compostos pelos sistemas de caixilharia, vidros e dispositivos de proteção solar/oclusão noturna, constituem uma parte essencial da envolvente exterior, uma vez que a sua permeabilidade ao ar e o seu isolamento térmico representam uma influência direta relativamente ao consumo de energia no edifício.

É neste âmbito que surge o presente trabalho, que se centra na análise da influência do tipo de envidraçados e da inércia térmica dos materiais na prevenção de situações de sobreaquecimento no verão, com base no RCCTE, e que deste modo pode constituir um contributo válido para um projeto energeticamente mais eficiente deste importante elemento da envolvente.

O método de cálculo escolhido corresponde ao utilizado pelo RCCTE, na sua versão do DL n° 80/2006, de 4 de Abril, o que representa um compromisso razoável entre a sua aproximação física e um processo de cálculo não muito oneroso em termos de esforço de computação. O novo RCCTE (versão REH de 2013, DL n° 118/2013, de 1 de Dezembro), veio alterar o método de cálculo já no final desta dissertação, mas a representação física proposta pelo anterior cálculo continua válida, designadamente para os objetivos deste estudo, pelo que não se procedeu a um novo ciclo de recalculação.

1.2 - Motivações e objetivos

As janelas constituem uma parte importante da envolvente dos edifícios de habitação, estando em contacto direto com o ambiente exterior. São, desta forma, zonas propícias à ocorrência de grandes trocas de calor. Assim, os ganhos e as perdas térmicas que se verificam através dos vãos envidraçados podem representar uma parcela significativa na energia consumida pelos edifícios para aquecimento e arrefecimento. Com a implementação do regulamento RCCTE para controlo do consumo energético dos edifícios em Portugal, torna-se imperativo controlar da melhor forma as trocas de calor ao nível dos envidraçados, optando por soluções que sejam capazes de tornar os edifícios mais eficientes do ponto de vista energético.

Com o aparecimento de uma grande variedade de tipos de vidro e materiais disponíveis no mercado, torna-se necessário obter informação relevante acerca do desempenho energético dos edifícios associado às diferentes soluções, para que se possam avaliar quais as implicações que a opção por uma determinada solução terá sobre o consumo energético dos edifícios e sua viabilidade económica.

Assim, o objetivo principal deste estudo consiste em avaliar a influência do tipo de envidraçados e da inércia térmica dos materiais, na prevenção de situações de sobreaquecimento no verão, com base no RCCTE.

O segundo objetivo consiste na análise da viabilidade económica, de forma a estabelecer uma relação entre o benefício da aplicação de uma determinada solução e o custo inerente às várias soluções propostas. Para o efeito são utilizados o método simples proposto pela ADENE, e o método VAL.

Para o cumprimento destes objetivos foi criado um programa de cálculo de térmica com base no RCCTE no Microsoft Excel 2013, o qual permite efetuar a verificação das necessidades de aquecimento e arrefecimento dum edifício segundo os requisitos e parâmetros do respetivo regulamento.

1.3 - Estrutura do trabalho

A presente dissertação está desenvolvida em 7 capítulos.

No presente capítulo faz-se o enquadramento do tema, as motivações e os objetivos a atingir com este trabalho, bem como a estrutura geral da dissertação.

No Capítulo 2 são expostos conceitos teóricos, como os fenómenos das trocas de calor.

No Capítulo 3 efetua-se uma abordagem aos vãos envidraçados na construção. São descritos os diferentes tipos de vidros disponíveis no mercado para edifícios de habitação, procurando-se, sempre que possível, apresentar as propriedades e valores caracterizadores do desempenho térmico. Bem como, uma breve referência às soluções construtivas mais comuns em Portugal.

No Capítulo 4 são apresentados os principais indicadores e parâmetros utilizados no âmbito deste estudo, segundo o RCCTE 2006, bem como a metodologia e ferramentas de cálculo utilizadas na análise paramétrica e económica.

O Capítulo 5 é reservado à caracterização do caso de estudo do caso de estudo e sua envolvente, bem como a discussão dos resultados deste trabalho.

O Capítulo 6 reserva-se à análise da viabilidade económica das várias soluções construtivas.

Por fim, no Capítulo 7, apresentam-se as principais conclusões retiradas do trabalho desenvolvido e propostas de temas para futuros trabalhos.

CAPÍTULO 2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

A relevância que o tema do sistema energético assumiu nos últimos anos, relativamente à conceção dos edifícios, constitui um dos desafios que os profissionais da área da engenharia civil encaram, obrigando ao desenvolvimento de soluções que permitam controlar a energia nos edifícios, mantendo a sua temperatura interior em níveis satisfatórios. Nos edifícios, as trocas de calor ocorrem essencialmente através da envolvente exterior, e cada vez mais é exigido aos profissionais da área da engenharia civil, conhecer e dominar os princípios e modelos físicos que traduzem as leis da termodinâmica para descrever os mecanismos, modos e meios de transferência de calor.

A partir do estudo da termodinâmica, a energia pode ser transferida por meio de interações de um sistema com a envolvente, ou seja, o calor (energia térmica) pode ser visto como sendo energia em trânsito entre dois corpos sujeitos a diferentes temperaturas. No entanto, a termodinâmica lida com os estados finais do processo durante o qual uma interação ocorre e não fornece qualquer informação relativa à natureza da interação ou a taxa de tempo em que ocorre (Incropera, Dewitt, Bergman, & Lavine, 2007).

Para que as trocas de calor favoreçam o conforto interior de um edifício, deve procurar-se que durante o verão a habitação seja um foco quente, transferindo o calor para o exterior, e durante o inverno, um foco frio que receba energia, evitando ao mesmo tempo que outras fontes de maiores dimensões alterem este estado de fluxo, por outras palavras as trocas de calor através da envolvente do edifício, determina o estabelecimento de fluxos energéticos do interior para o exterior, fluxos estes que ocorrem fundamentalmente no período de inverno, tratando-se neste caso de perdas térmicas, enquanto no verão o sentido do fluxo tem tendência a inverter-se, estando-se numa situação de ganhos térmicos.

As transferências de calor processam-se por três formas: por condução, que se verifica sobretudo nos sólidos, ocorre também em líquidos e gases; por convecção que ocorre por movimento de líquidos ou gases; e por radiação sendo este o movimento de energia através do espaço mesmo na ausência de fenómenos de condução ou de movimentação do ar. Quando um envidraçado, ou uma outra superfície qualquer, se encontra em contato com duas zonas a diferentes temperaturas, ocorrem fenómenos de transferência de calor da zona de maior para a de menor temperatura. No caso concreto de um vidro, estes fenómenos podem-se processar por três mecanismos distintos: condução através do vidro e do caixilho, radiação através das superfícies do vidro e convecção através superfícies interior e exterior do vidro.

2.1 - Condução

A condução, como modo de transferência de calor em meios estacionários (ver Figura 2), ocorre sempre que haja transferência de energia a nível molecular em sólidos, líquidos ou gases. Esta condução térmica exige contato físico entre duas regiões e é feita por via de vibrações ou colisões entre partículas, que ao sofrerem um aumento de temperatura entram num estado de excitação, colidindo com os átomos e moléculas vizinhas, transferindo assim energia de um ponto de maior potencial energético (maior temperatura) para um de menor potencial (menor temperatura), ou seja transfere energia das zonas mais quentes para as zonas mais frias, sempre que estivermos perante um sistema que está a uma temperatura diferente da sua vizinhança (Incropera, Dewitt, Bergman, & Lavine, 2007).

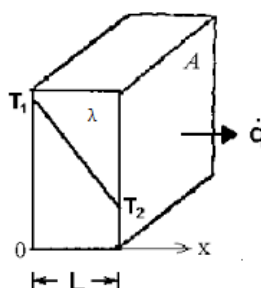


Figura 2 - Condução do calor em regime permanente e fluxo unidirecional (Incropera, Dewitt, Bergman, & Lavine, 2007).

A quantidade de calor transmitida, pode ser quantificada por intermédio da Lei de Fourier (equação 1). Esta lei permite determinar o fluxo de calor transportado por condução entre duas superfícies através da condutibilidade térmica, da área e do gradiente de temperatura, em regime permanente e com fluxo de calor unidirecional, para um elemento submetido a diferenças de temperatura uniformes nas suas faces ao longo do tempo, como se pode-se observar na Figura 2 (Incropera, Dewitt, Bergman, & Lavine, 2007).

$$Q = -\lambda \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Onde,

- Q - Quantidade de calor transferido por condução (W);
- λ - Condutibilidade térmica do material (W/m.°C);
- A - Área de exposição (m²), perpendicular ao fluxo de calor;
- $\frac{dT}{dx}$ - Gradiente de temperatura.

Dado que o fluxo de calor se desloca da maior para a menor temperatura, o sinal negativo na Lei de Fourier explica-se pela variação de temperatura ser igual a

$$\frac{dt}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (2)$$

Substituindo a equação (2), na (1), obtemos a equação que quantifica a quantidade de calor transmitida, utilizada para expressar as trocas de calor por condução, em função do coeficiente global de transmissão de calor e surge normalmente sobre a forma da seguinte equação:

$$Q = U.A.(\theta_i - \theta_e) \quad (3)$$

Onde,

- U - Coeficiente global de transmissão térmica ($\text{W/m}^2.\text{°C}$);
- A - Área de exposição (m^2) perpendicular ao fluxo de calor;
- θ_i - Temperatura interior (°C);
- θ_e - Temperatura exterior (°C).

O coeficiente global de transmissão térmica (U) [$\text{W/m}^2.\text{°C}$], é inversamente proporcional à resistência térmica (R) [$\text{m}^2.\text{°C/W}$], e é um dos parâmetros mais utilizados no Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Este parâmetro térmico, será desenvolvido posteriormente na abordagem sobre os coeficientes de transmissão térmica dos vãos envidraçados. Depende da condutibilidade térmica dos materiais (λ) [W/m.°C] e da espessura do elemento da envolvente (L) [m]. Quanto maior for a condutibilidade térmica, maior a condutividade do material logo menos isolante.

2.2 - Convecção

A transferência de calor por convecção, associa-se essencialmente ao movimento de fluidos, quando estes entram em contacto com materiais sólidos a diferentes temperaturas. Ao contrário da condução, a convecção térmica não envolve transferência microscópica de calor, a nível molecular, mas sim a nível macroscópico de matéria de uma região quente para outra fria. O fluido em movimento, ao entrar em contacto com o sólido, e pela diferença de temperatura entre ambos, recebe ou transmite calor, aumentando ou diminuindo o seu volume específico, criando assim uma corrente de convecção. Esta transferência de energia, é tanto mais elevada quanto mais rápido for o escoamento do fluido. Na ausência de

movimento do fluido a transferência de calor entre a superfície do sólido e o fluido deixa de ser convectiva e passa a ser condução pura (Incropera, Dewitt, Bergman, & Lavine, 2007).

A convecção como modo de transferência de calor, pode ser classificada de acordo com a natureza do movimento do fluido, e distingue-se por dois tipos: a convecção natural, em que o movimento de fluido resulta da diferença de densidade entre os materiais, devido a diferenciais térmicos, e a convecção forçada, que ocorre devido à variação de pressão entre os materiais, impostos por meios ou forças externas, como por exemplo uma ventoinha ou ventos atmosféricos. (Incropera, Dewitt, Bergman, & Lavine, 2007).

A Lei do arrefecimento, formulada por Newton, permite determinar o fluxo de calor, por convecção, entre uma superfície sólida e um fluido. No caso de um edifício, a superfície sólida corresponde à envolvente, e o fluido corresponde ao ar que se encontra em contacto com ela. Esta Lei é traduzida pelas seguintes expressões:

$$Q = h_c \cdot A \cdot (T_s - T_f) \quad (4)$$

$$q = \frac{Q}{A} = h_c \cdot (T_s - T_f) \quad (5)$$

Onde,

- Q - Quantidade de calor transferido por convecção (W);
- T_s e T_f - Temperatura do sólido e fluido, respetivamente (°C);
- q - Fluxo de calor por convecção (W/m²);
- h_c - Condutibilidade térmica superficial por convecção (W/m².°C);
- A - Área da superfície sólida (m²), perpendicular ao fluxo.

2.3 - Radiação

O processo de transmissão de calor por radiação é conseguido pela propagação de ondas eletromagnéticas. Todos os corpos emitem (quando se encontram a uma temperatura diferente de zero) e absorvem ondas eletromagnéticas, modificando a sua energia interna. Enquanto a transferência de energia por condução ou convecção necessita de um qualquer meio material para que a transferência de energia aconteça, a transferência por radiação não o faz, sendo esta mais eficiente ao propagar-se no vácuo. (Incropera, Dewitt, Bergman, & Lavine, 2007).

Para a transferência de calor, a radiação importante a considerar no espectro eletromagnético é a denominada “radiação térmica”. A radiação eletromagnética é caracterizada por uma frequência e comprimento de onda relacionadas entre si pela

velocidade de propagação. A radiação térmica corresponde à radiação emitida com comprimentos de onda entre 0.1 e 100 μm , e inclui uma porção do espectro do ultravioleta e todo o visível e infravermelho, correspondendo à zona onde se verificam efeitos térmicos importantes (Radiacao.PDF).

Espectro eletromagnético (ver Figura 3) é o intervalo completo da radiação eletromagnética, que contém desde as ondas de rádio, as micro-ondas, o infravermelho, a luz visível, os raios ultravioleta, os raios X, a radiação gama e até os raios cósmicos.

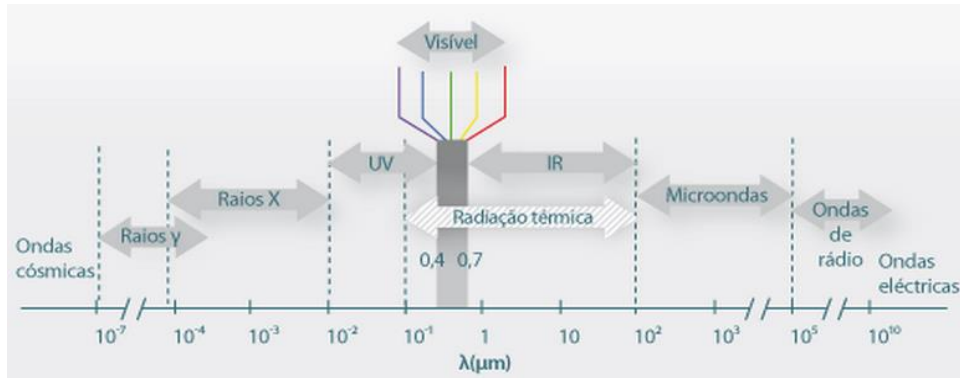


Figura 3 - Espectro eletromagnético (<http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla>)

De acordo com a lei de Stefan-Boltzmann, a energia emitida por um corpo negro por unidade de área e por unidade de tempo é proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta,

$$q = \frac{Q}{A} = \sigma T^4 \quad (6)$$

Onde,

A - Área da superfície do corpo (m^2);

σ - Constante de Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$);

T - Temperatura absoluta do corpo (K), dada por $T(\text{K}) = 273.2 + T(^{\circ}\text{C})$.

Um corpo negro não existe, é um corpo teórico. Um corpo negro absorve toda a radiação que nele incide e é o corpo que mais energia emite sendo, por esse motivo, um emissor perfeito. O fluxo de calor emitido por uma superfície real é menor do que a de um corpo negro, à mesma temperatura e é dada por:

$$q = \frac{Q}{A} = \varepsilon \sigma T^4 \quad (7)$$

onde ε representa a emissividade de um corpo.

Cada superfície possui uma determinada capacidade de emitir radiação e a essa característica é dado o nome de emissividade (ε). A emissividade mede a eficiência com que uma superfície emite radiação térmica, e pode variar entre 0 e 1, dependendo de quão

eficientemente uma superfície emite energia em relação a um corpo negro. A um corpo que apresenta uma emissividade igual a 1 dá-se o nome de corpo negro (corpo ideal). Num corpo negro não se verificam reflexões, pelo que toda a energia incidente é absorvida e posteriormente emitida. Contrariamente, num corpo com emissividade 0 (espelho perfeito), toda a energia incidente é refletida. Um bom emissor é também um bom absorvedor de energia, quanto mais energia um corpo absorve maior será a radiação emitida. Quando incide uma certa energia radiante, sobre uma superfície real, energia esta que pode provir de uma fonte especial, tal como o sol, ou a partir de outras superfícies para o qual a superfície de interesse está exposta, uma parte dessa energia é refletida, outra parte é absorvida e a restante é transmitida através do corpo. Contudo, da radiação incidente, apenas a parcela da radiação absorvida altera a temperatura da superfície do corpo, sendo que esta energia absorvida pode ser parcial ou total, aumentando assim a energia térmica do material por unidade de superfície. Contudo o fluxo de calor, entre dois corpos, por radiação, é descrito pela lei de Stefan-Boltzmann e vem:

$$q = \frac{Q}{A} = \varepsilon\sigma(T_s^4 - T_{sur}^4) \quad (8)$$

Onde:

- A - área da superfície do corpo (m²);
- ε - Coeficiente de emissividade de um corpo;
- σ - Constante de Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$);
- T_s - Temperatura superficial (K);
- T_{sur} - Temperatura na vizinhança da superfície (K);

Existem muitas aplicações para as quais é conveniente, expressar o fluxo de calor por radiação, podendo ser aproximado por uma expressão semelhante a da lei de Newton para a convecção:

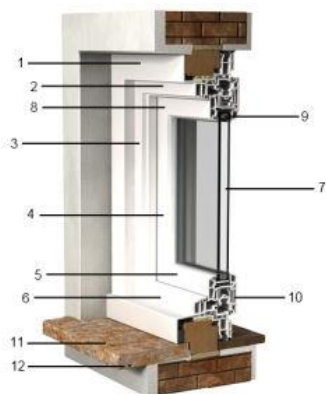
$$q_r = h_r(T_s - T_{sur}) \quad (9)$$

Onde, a partir de (8), a condutância superficial por radiação (W/m².°C), h_r , entre dois corpos depende das temperaturas das superfícies e da sua emissividade,

$$h_r = \varepsilon\sigma(T_s + T_{sur})(T_s^2 + T_{sur}^2) \quad (10)$$

CAPÍTULO 3 - VÃOS ENVIDRAÇADOS NA CONSTRUÇÃO

O vão envidraçado constitui um elemento intermediário importante nas trocas de energia entre os ambientes exterior e interior dos edifícios. Normalmente é constituído por uma caixilharia de madeira, alumínio ou PVC preenchida com folha(s) de vidro, fixa à parede através de aro de caixilho igualmente de madeira, alumínio ou PVC e pode ser complementado por um dispositivo de proteção solar/oclusão noturna (ver Figura 4).



Legenda:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1 – Pré-aro | 7 – Sistema envidraçado |
| 2 – Aro (fixo) | 8 – Folha (caixilho ou aro móvel) |
| 3 – Couceira | 9 – Perfil intercalar (espaçador) |
| 4 – Couceira da folha | 10 – Septos |
| 5 – Travessa inferior da folha | 11 – Parapeito |
| 6 – Tabua de peito | 12 – Goteira |

Figura 4 - Elementos da janela (finstral)

Assim, a avaliação do desempenho do vão envidraçado deverá ter em conta a globalidade dos componentes que o constituem, sendo as seguintes características de desempenho as mais relevantes (NP EN 14351-1): Resistência à ação do vento; Reação ao fogo; Estanquidade à água; Resistência ao impacto; Isolamento sonoro; Coeficiente de transmissão térmica; Permeabilidade ao ar; Transmissão da energia solar (fator solar); Transmitância luminosa e Durabilidade.

Relativamente às suas funções, o vão envidraçado tem de (Oliveira, 2007): fornecer iluminação natural ao interior do edifício, (sem causar o encadeamento); não deixar passar a radiação solar em quantidade excessiva; permitir o contacto visual com os arredores (preferivelmente direto); proteger do ruído excessivo; assegurar uma boa proteção do estado do tempo exterior; fornecer um bom isolamento térmico; assegurar a segurança; permitir controlar a ventilação (controlar as infiltrações) no edifício e permitir a integração de dispositivos específicos para a ventilação do edifício.

Quanto aos efeitos positivos da janela, referimo-nos aos ganhos solares, o contato com o exterior, a iluminação natural, a visão do exterior, a ventilação e a estanquidade. A janela também pode apresentar alguns inconvenientes, nomeadamente, o sobreaquecimento, as perdas térmicas, o encandeamento, correntes de ar e a perda de privacidade.

Assim, o sistema janela tem como principal função garantir a estanquicidade e a operacionalidade dos vãos, contribuindo assim, para a otimização do desempenho energético e ambiental dos edifícios (Rio, 2009).

3.1 - Propriedades dos vãos envidraçados

A envolvente envidraçada representa uma parte significativa no desempenho energético e térmico da totalidade de uma estrutura, sobretudo em edifícios cuja área dedicada aos vãos é considerável. Assim se compreende que uma parte significativa das perdas de calor tenha origem nos envidraçados. A energia anual economizada por uma janela, depende de fatores como os parâmetros próprios da janela, a sua orientação, as condições climáticas e os parâmetros de construção. Assim, Singh e Garg (2009), concluem que, durante um ano os consumos energéticos, para um mesmo edifício, variam de acordo com as diferentes orientações existentes nas fachadas envidraçadas. Neste contexto, os vãos envidraçados associados à sua forma estética, segurança, conforto térmico e acústico, passam a ser elementos estruturais de inovação em termos de materiais e design, sendo necessário na seleção de uma janela, conhecer as suas propriedades relativamente ao seu aspeto visual, conforto térmico, radiação solar e propriedades óticas dos envidraçados.

3.1.1 - Aspeto e conforto visual

O conforto visual é uma condição importante a atingir nas nossas habitações, e considerando a crescente qualidade da envolvente dos nossos edifícios, é possível hoje usufruir de uma abundante iluminação natural em casa, sem problemas de sobreaquecimento. Assim, o fator visual de um determinado espaço influencia tanto o conforto e a produtividade dos ocupantes, bem como o seu consumo energético, sendo o seu principal objetivo, o de garantir suficiente iluminação e privacidade, devendo para tal evitar-se o brilho excessivo (Leal, 2009). O enquadramento do vidro, como material estruturante possibilita a adoção de soluções criativas e inovadoras na conceção de edifícios, capazes de transformar os espaços, oferecendo sensação de espaço. O conjunto diversificado de tons, padrões, aspetos e formas, existentes no mercado, transformam-no num material de oportunidades infinitas (Carmody, et al.,2007).

3.1.2 - Conforto térmico

O conceito de conforto térmico está associado a uma grande subjetividade, sendo de

extrema dificuldade defini-lo com exatidão. Segundo a ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2004), pode ser definido como “um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa”.

Segundo a ASHRAE (2004), diversas variáveis podem ser apontadas como fatores que afetam o conforto, existindo seis fatores elementares que devem ser considerados relativamente às condições de conforto térmico, nomeadamente o ritmo metabólico, o tipo de vestuário, a temperatura do ar, a temperatura média radiante, a velocidade do ar e a humidade do ar. Assim, quando nos referimos ao conforto térmico, também nos referimos ao conforto ambiental do qual faz parte o conforto visual abrangendo a dinâmica das cores, o conforto acústico e da qualidade do ar.

O dimensionamento adequado das áreas envidraçadas, em função da orientação solar, é uma medida que contribui para o conforto térmico das habitações. Esta capacidade de captar a energia do sol é um dos principais contributos no conforto que os espaços interiores oferecem e um dos principais responsáveis para reduzir a fatura energética. No Inverno, quando nos encontramos próximos de uma janela e o sol brilha dentro de casa, sentimos logo o impacto do calor da radiação solar. Para alcançar condições de conforto no interior ocorre um equilíbrio entre as áreas recetivas, que reagem ao clima de forma instantânea, e as áreas opacas que, pela sua estabilidade, atenuam o impacto das incidências extremas do clima. Por este motivo, é natural que numa construção seja procurado o equilíbrio entre as paredes opacas e as áreas recetivas aos raios solares (construção sustentável).

3.1.3 - Radiação solar

Para as diferentes estações do ano é importante conhecer, os percursos do sol ao longo do dia, no que respeita à definição da localização das fachadas envidraçadas num edifício, a sua dimensão e o tipo de vidro que se opta de forma a aproveitar da melhor maneira os ganhos solares para o interior do edifício quando o contributo da radiação se afigura conveniente, assim como restringir a sua entrada quando o mesmo efeito se afigure inconveniente.

Uma fachada envidraçada vertical orientada a Sul (ver Figura 5), propicia maiores ganhos de radiação solar anuais, do que noutras orientações. O percurso do sol no inverno é vantajoso, uma vez que se efetua para azimutes muito próximos do sul geográfico, proporcionando assim uma maior entrada de radiação solar, disponível para aquecer os edifícios. No entanto, no verão, torna-se necessário minimizar os ganhos solares nesta

fachada. Contudo o percurso do sol no verão é mais próximo do zênite, uma vez que inicia o seu percurso de nordeste (onde nasce) até noroeste (onde se põe), apresentando assim um ângulo de incidência com a normal mais elevado, o que reduz os ganhos solares. A existência de um efeito de sombreamento nomeadamente, uma árvore ou uma pala pode atenuar totalmente a incidência de radiação direta. Por outro lado, como o percurso do sol é mais próximo do zênite as fachadas horizontais (coberturas, claraboias), recebem maiores níveis de radiação (<http://www.construção sustentável.pt>).

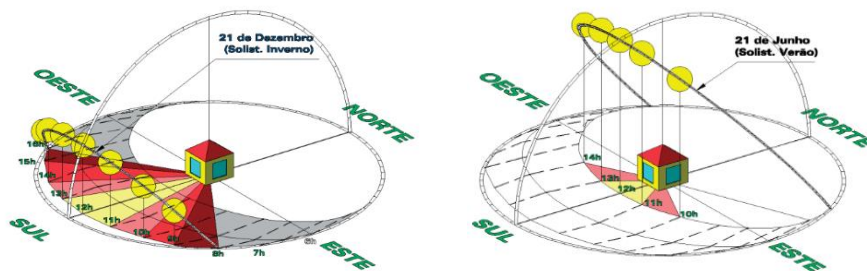


Figura 5 - Trajetória e incidência do sol no inverno e verão, respetivamente, numa fachada orientada a Sul. (ADENE)

Uma fachada envidraçada orientada a **Este** (ver Figura 6), é pouco favorecida pela radiação solar no período de Inverno, radiação esta que incide na fachada durante poucas horas do período da manhã e com um pequeno ângulo de incidência, uma vez que o sol nasce próximo da orientação sudeste. O oposto se passa no período de verão, em que os ângulos de incidência da radiação solar são próximos da perpendicular numa fachada com esta orientação, durante longas horas da manhã, desde o nascer do sol, que ocorre cedo e próximo da orientação nordeste, até ao meio-dia, o que maximiza a captação de energia solar, que nesta estação é indesejável (<http://www.construção sustentável.pt>).

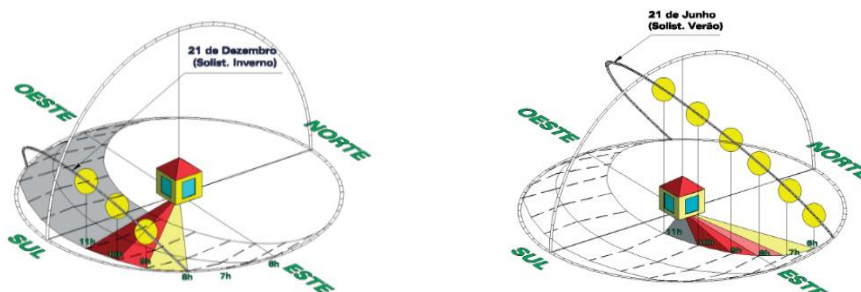


Figura 6 - Trajetória e incidência do sol no inverno e verão respetivamente numa fachada orientada a Este (ADENE)

Uma fachada envidraçada orientada a **Oeste**, a ação solar é semelhante ao da orientação Este, quer na época de inverno e verão, distinguindo-se apenas no período do dia em que ocorrem. Contudo no período de verão, esta é a fachada mais problemática, por serem responsáveis por grandes cargas térmicas nos edifícios, devido a radiação solar incidir desde o meio-dia, até ao por do sol próximo da orientação noroeste e por ser no período da tarde em que ocorrem maiores temperaturas do ar atmosférico, sendo por isso necessário ter um maior cuidado em termos de áreas, tipos de vidros e sombreamentos.

Uma fachada envidraçada orientada a **Norte** é a menos problemática em termos de radiação solar direta, no entanto têm um peso importante no balanço energético dos edifícios, porque são áreas que têm perdas e nunca têm ganhos energéticos consideráveis. Em edifícios habitacionais, estes vãos permitem garantir uma boa ventilação natural dos espaços, uma excelente iluminação natural difusa a partir da abóbada celeste, evitando o excesso de luz solar direta, que é característica das outras orientações (<http://www.construção.sustentável.pt>).

Uma fachada envidraçada no plano **horizontal**, especialmente aos vãos envidraçados das claraboias, são vãos que oferecem uma iluminação muito especial e favorável nos dias mais frios de Inverno, porém quando os raios solares são demasiado intensos nos meses mais quentes do ano, resultam em sobreaquecimento por consequência do efeito de estufa. Constituindo o sobreaquecimento, o principal risco das claraboias, risco este que tem de ser totalmente eliminado através da ventilação natural, da qualidade do vidro duplo aplicado, bem como através de dispositivos eficazes de sombreamento exterior. Dada a sua localização, nas coberturas, é importante que o vão, bem como o dispositivo de sombreamento, permita ser operado à distância (manual ou elétrica). Em espaços com uma área grande de envidraçado é muito importante que este possa ser inteiramente aberto para evitar os ganhos solares excessivos que resultam do efeito estufa (<http://www.construção.sustentável.pt>).

3.1.4 - Desempenho térmico e ótico

A distinção entre comportamento térmico e ótico, surge pelo facto do vidro se comportar de uma forma distinta consoante o comprimento de onda da radiação que o atinge. A sensação de luz concedida pela radiação solar, deve-se à ação exclusiva duma radiação eletromagnética localizada numa faixa de comprimento de onda entre 0,38 e 0,78 μ m. São estas radiações que, com maior ou menor eficácia do nosso globo ocular, dependendo do

comprimento de onda permitem o fenômeno fisiológico da visão. A eficácia luminosa das diferentes radiações permite transformar um fluxo de energia emitido por uma fonte de radiação num fluxo luminoso (Saint, 2000).

Como referido, os mecanismos de transmissão de calor que envolvem variações de temperatura (condução, convecção e radiação) são complexos, uma vez que ocorrem quase sempre em simultâneo. As características dos materiais de construção relacionadas ao seu desempenho térmico podem ser analisadas em função da energia que emitem e em função do comportamento que apresentam face à energia incidente. Estes fenômenos básicos de transferência de calor aplicados aos vãos envidraçados são analisados simultaneamente, de modo a caracterizar energeticamente vários pontos essenciais de um vão envidraçado (ver Figura 7) (Ramalheira, 2005).

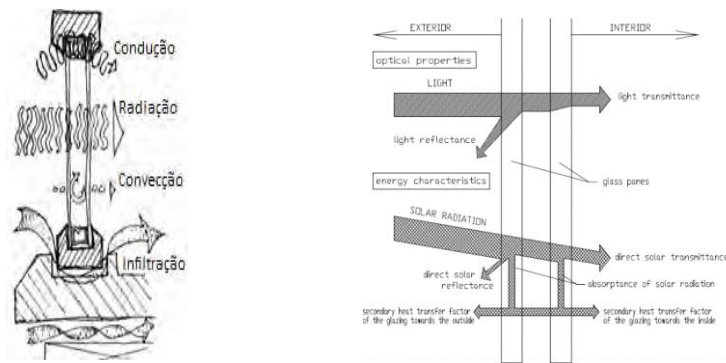


Figura 7 - Processos de transferência de calor numa janela (Jitka e Hasim, 2009)

Os parâmetros de maior relevância para o estudo do desempenho térmico de um vão envidraçado, são o coeficiente de transmissão térmica (U), o fator solar (g_L) e o coeficiente de transmissão luminosa (T_{vis}).

3.1.4.1 - O coeficiente de transmissão térmica (U)

O coeficiente de transmissão térmica é uma medida da quantidade do fluxo de calor que se perde e o fator solar é a fração de energia solar transmitida através do vão envidraçado. Quando um vão envidraçado, está sujeito a uma diferença de temperatura entre o espaço exterior e o espaço interior, ocorrerá transferência de calor para o local que está a uma temperatura inferior através de três mecanismos distintos: condução através do vidro e do caixilho, convecção através dos espaços de ar e radiação de grande comprimento de onda entre as superfícies do vidro de cada lado da caixa-de-ar (ver Figura 8).

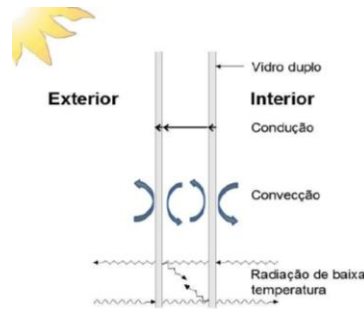


Figura 8 - Componentes que constituem as trocas de calor através de uma janela relacionadas com o valor de U (Carmody, 2004).

Neste sentido, o coeficiente de transmissão térmica global (U_w) para toda a janela depende do tipo de vidro e do material de caixilharia, e respectivas áreas, podendo ser determinado através da seguinte equação, segundo a norma EN ISO 10077-1:2006.

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + L_g \cdot \Psi}{A_f + A_g} \quad (11)$$

Onde:

- U_w – Coeficiente global de transferência de calor da janela ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$);
- U_f – Coeficiente global de transferência de calor da caixilharia ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$);
- U_g – Coeficiente global de transferência de calor do vidro ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$);
- Ψ – Coeficiente global de transferência de calor linear do vidro ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$);
- A_f – Área da caixilharia visível (m^2);
- A_g – Área do vidro visível (m^2);
- L_f – Perímetro do vidro visível (m).

Um vão envidraçado com um coeficiente de transmissão térmica (U_w) reduzido, apresenta poucas perdas térmicas de energia, e pode ser otimizado quando conjugado com um ou mais dispositivos de oclusão noturna.

3.1.4.2 - Fator solar ($g_{\perp v}$)

Da totalidade da radiação que incide num envidraçado (ver Figura 9), uma parcela será transmitida instantaneamente para o interior, a outra será refletida para o exterior e a terceira parcela será absorvida pelo próprio vidro. À energia acumulada no vidro (radiação absorvida), haverá ainda uma fração que vai ser emitida para o interior e o exterior, devido a fenómenos de convecção e radiação. O fator solar ($g_{\perp v}$) dum vidro define-se como sendo o quociente entre a energia solar transmitida através do vidro para o interior e a energia solar nele incidente. Esta energia solar transmitida é o somatório da energia solar que entra por transmissão direta e a energia que o vidro confere ao ambiente interior devido ao seu aquecimento intrínseco por absorção energética (RCCTE, 2006).

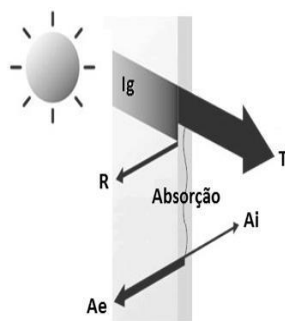


Figura 9 - Comportamento térmico do vidro à energia solar incidente (Carmody, et al., 2007)

Onde,

I_g – Energia solar global incidente (radiação direta + difusa);

T – Transmissão energética global;

R – Reflexão energética global;

A_e – Fração da energia absorvida reenviada para o exterior;

A_i – Fração da energia absorvida reenviada para o interior.

O fator solar constitui uma medida da fração da energia solar que efetivamente atravessa para o interior dos compartimentos e é variável com o ângulo de incidência solar, condições externas de convecção natural, velocidade do vento e espessura do vidro. De acordo com a NP EN 410: 2000 (EN 410), o fator solar de um vidro é calculado pela soma do fator de transmissão direta da energia solar com o fator de transmissão secundária de calor do envidraçado relativamente ao interior. Este último é o resultado da transmissão de calor por convecção e por radiação da energia que tinha sido previamente absorvida pelo envidraçado. O fator solar é determinante do ponto de vista do projeto da envolvente dos espaços, já que é este que dita qual a quantidade de radiação solar que chega ao interior. No mercado é comum encontrar fatores solares para os vidros que variam entre 0,10 (vidro duplo de cor azul de controlo solar) e os 0,90 (vidro simples incolor) (Ramalheira, 2005).

Em termos de regulamentação, o fator solar de um vão envidraçado (g_L) é o quociente entre a energia solar transmitida para o interior através de um vão envidraçado com o respetivo dispositivo de proteção solar e a energia da radiação solar que nele incide (RCCTE, 2006)

3.1.4.3 - Coeficiente de transmissão visível (T_{vis})

O coeficiente de transmissão visível (T_{vis}) é a percentagem da luz visível que atinge um envidraçado que passa para o interior (ver Figura 10). Vidros com transmissibilidade elevada possuem um aspeto transparente e proporcionam uma iluminação abundante e vistas inalteradas, enquanto, vidros com transmissibilidade baixa devem ser usados em locais onde

existam problemas de encandeamento graves, porém possuem a desvantagem de criarem ambientes luminosos interiores insuficientes em certas condições meteorológicas sendo inadequados para a maior parte das aplicações de iluminação natural, uma vez que não permitem a entrada de luz natural suficiente para um correto e adequado desempenho de tarefas visuais típicas, sendo quase sempre necessário utilizar iluminação artificial para complementar períodos diurnos significativos. Em termos práticos os valores dos fatores de transmissão luminosa podem oscilar entre os 5% (vidro duplo de cor azul) e os 90% (vidro simples incolor) (Ramalheira, 2005).

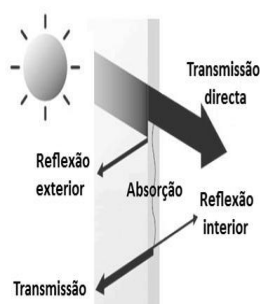


Figura 10 - Comportamento óptico do vidro à energia solar incidente (Carmody et al., 2007)

A natureza da luz, a variação na transmissão e a absorção experimentada por diferentes materiais apresentam desempenhos e usos nos diferentes vidros. A gama de seletividade de transmissão entre luz e calor é limitado pelo facto de 53% de toda energia na radiação solar estar no espectro visível. Logo não é possível diminuir a transmissão de radiação total abaixo de 50% sem afetar a transmissão de luz. O fator- T_{vis} deverá ser definido de acordo com a tipologia do espaço e com as características de iluminação que se pretendem para esse mesmo espaço (Giacomini, 2005).

3.1.5 - Propriedades técnicas

As propriedades dos vidros, dependem das suas características estruturais. Assim, podemos referir duas importantes propriedades técnicas: a Permeabilidade ao ar e a condensação.

A permeabilidade ao ar de uma janela é a medida do caudal de ar que escapa por esta através das juntas caixilho/vidro. São perdas e ganhos por ventilação, geralmente não controladas e não desejadas, causadas por falhas nos vãos envidraçados. Os efeitos do fator U e do fator g_{\perp} nesta situação pouco interessam. A questão primordial para controlar a infiltração depende do tipo de janela e da qualidade da montagem, principalmente da caixilharia e das ferragens. As janelas fixas ajudam a reduzir as infiltrações, pelo facto de

serem mais fáceis de isolar. Enquanto, as janelas operáveis são necessárias para a ventilação, mas são mais suscetíveis de maior permeabilidade (Ramalheira, 2005).

Relativamente à condensação existente nas superfícies das janelas, estas são responsáveis pela visibilidade obstruída, redução da intensidade da iluminação natural e a deterioração de objetos interiores (manchas, pintura descascada). A condensação superficial ocorre quando a temperatura à superfície de um sólido (vidro ou caixilho) é mais baixa do que o ponto de orvalho do ar húmido na sua vizinhança imediata. Tal condensação pode ser reduzida ou eliminada aumentando a temperatura superficial interior e/ou reduzindo a humidade relativa do ar interior.

O fenómeno da condensação superficial sobre vidros duplos apresenta-se em três diferentes modos, em particular sobre a face exterior, sobre as superfícies internas do vidro duplo e sobre a face interior. Devido ao efeito de ponte térmica proveniente do caixilho e dos perfis separadores dos vidros (intercalar metálico), a formação de condensação será muito diferente consoante nos encontramos dentro ou fora do edifício. A condensação superficial sobre a face interior começa sempre nos cantos, precisamente por causa do arrefecimento suplementar induzido pela ponte térmica. Os perfis separadores em materiais compósitos, logo mais isolantes, permitem reduzir o risco de ocorrência de condensação nos cantos. A condensação superficial sobre a face exterior raramente se forma nos cantos, porque a periferia do vidro exterior aquece por efeito da ponte térmica. O ponto mais frio da face exterior do vidro situa-se geralmente na zona mais central, onde as perdas térmicas são menos significativas (Saint Gobain Glass).

Em função da sua aplicação, existem vidros de diversas características mecânicas e resistência ao choque térmico. Para além do vidro “float” (vidro recozido) existem vidros laminados e vidros temperados, utilizados consoante o nível de segurança e ações a que o vidro possa estar exposto. O vidro temperado quando comparado com o vidro “float”, apresenta um aumento considerável na sua resistência mecânica e na sua resistência ao choque térmico, e quando fragmenta é em pequenos pedaços, permitindo considerar este vidro como um produto de segurança. O vidro laminado é composto por soluções de vidro recozido ou temperado, solidarizados por um filme em PVB (intercalar de plástico extensível o butiral de polivinil), que desta forma, garante que os fragmentos gerados por uma quebra se mantem colados a película de PVB, reduzindo drasticamente o risco de acidentes e garantindo a segurança dos utilizadores e retardadores de infração (Saint Gobain Glass).

3.2 - Tipos de vidros mais utilizados no mercado

O vidro dito “comum” utilizado nas obras de construção civil, integra na sua composição, um corpo vitrificante, a sílica, introduzida na forma de areia cerca de 70% a 72%, um fundente, o sódio, na forma de carbonato e sulfato cerca de 14%, e um estabilizante, a cal, na forma de calcário de cerca de 10%, formando assim vidros silício-sodo-cálcicos.

Para certos tipos de vidros também integram diversos outros óxidos por exemplo de Alumina ou de Magnésio, melhoradores das propriedades físicas do vidro, em particular a resistência aos agentes atmosféricos, e os óxidos metálicos que conferem coloração na massa. Tratando-se de um material muito resistente, atualmente desconhece-se o tempo que o vidro leva a degradar-se. Contudo, além de ser um material inofensivo ao meio ambiente, é também um dos materiais mais recicláveis existentes a face da terra. Existem no mercado diversos tipos de vidro com características específicas consoante o uso a que se destinam. (Saint Gobain Glass).

3.2.1 - Vidro simples

Este vidro é caracterizado por uma folha de vidro incolor, transparente nas duas faces, com espessuras variáveis, obtidos através do processo “float”. Através da Figura 11 (esquerda) pode-se verificar o desempenho de um vidro simples incolor. Relativamente a todas as outras opções é a que permite maior transferência de energia e maior fator- T_{vis} . Também os vidros simples coloridos são feitos adicionando corantes à massa incolor, criando as cores mais conhecidas (cinza, verde, bronze e azul). A presença destes pigmentos coloridos fazem o vidro tornar-se absorvente em proporções diferentes de acordo com a respetiva cor. Existem mais duas formas de produção industrial de vidro colorido: deposição de uma camada refletiva ou aplicação de uma película plástica colorida. A Figura 11 (direita), ilustra o desempenho de um vidro simples colorido. O propósito da cor é reduzir os ganhos solares do vidro, mas também reduz bastante o fator- T_{vis} (luz visível) em relação ao vidro simples incolor ou outro tipo de vidro colorido. O vidro colorido é útil no controlo do encadeamento, mas a cor não tem nenhum efeito no fator- U , reduz apenas o fator solar que pode ser um benefício no verão e passivo um pouco no inverno (efficient windows).

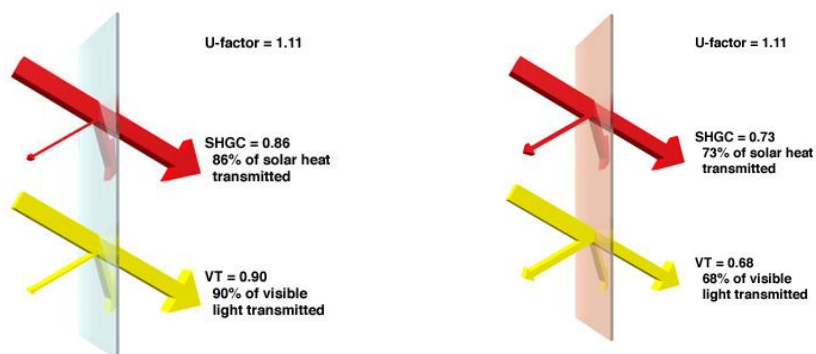


Figura 11 - Vidro simples incolor (esquerda) e colorido (direita) (efficient window)

3.2.2 - Vidro duplo

O vidro duplo, é constituído por dois vidros incolores separados entre si por um perfil, geralmente metálico que formam uma câmara estanque cheia de ar desidratado (ver Figura 12). Este vidro duplo oferece um isolamento térmico aproximadamente duas vezes superior ao de um vidro simples. O processo consiste em colocar entre os dois vidros ar desidratado ou um gás que melhore o isolamento. Os dois vidros são separados por um perfil, geralmente em alumínio que contém um hidro-secante garantindo a completa ausência de vapor de água. Este sistema faz com que o vidro duplo incolor seja um ótimo isolante térmico, acústico e tenha elevada transmissão visível (Saint Gobain Glass).

Relativamente ao desempenho de um vidro duplo colorido (bronze ou cinza) (ver Figura 12), o vidro exterior é colorido e o vidro da zona interior é incolor. Produtos coloridos são semelhantes em desempenho energético. Também reduz o fator - g_{\perp} comparado com o vidro duplo incolor. Mudando a cor da janela pode aumentar a privacidade visual durante o dia, porém à noite o efeito é invertido, especialmente se o vidro for combinado com uma camada refletiva. As prioridades para o vidro duplo colorido vão reduzir a transmissão de luz visível e reduzir a quantidade de energia solar transmitida pelo vidro. Para as fachadas onde a luz natural é desejável deve-se usar uma coloração de alto desempenho (efficient windows).

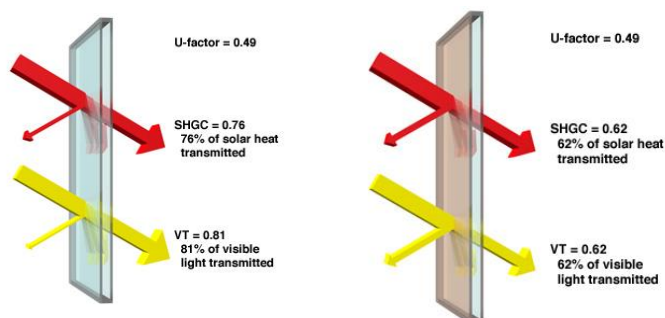


Figura 12 - Vidro duplo incolor (esquerda) e colorido (direita) (efficient windows)

3.2.3 - Vidro duplo com baixa emissividade (low-e)

A emissividade caracteriza a capacidade de um elemento restituir energia sob a forma de radiação. Um corpo negro repõe, sob a forma de radiação, toda a energia que sobre ele incide, apresentando uma emissividade de 1,0.

A película de baixa emissividade representa uma camada metálica ou de óxido metálico microscopicamente fina, invisível a olho nu, com uma espessura na ordem de 70nm, depositada na superfície dos vidros para reduzir a transferência de calor por radiação. As películas de baixa emissividade, geralmente são transparentes para o espectro da radiação solar e refletivas para comprimentos de onda de grande radiação infravermelha (Saint Gobain Glass).

A emissividade é uma propriedade de superfície do vidro que permite a redução das trocas de radiação e desta forma melhorar o coeficiente U dos vidros duplos que integra. Quando duas superfícies se encontram, uma em frente à outra, e a temperaturas diferentes, trocam calor por radiação, em função da emissividade. A emissividade normal do vidro clássico é igual a 0,89, ou seja, uma parte do vidro é opaco às radiações e a outra, transmite bastante calor sobre a forma de radiação, e a dos vidros com capa de baixa emissividade (em inglês low-E) pode chegar aos 0.01 (SGG Planitherm one).

O vidro duplo de baixa emissividade (low-e) ou também designado de vidro de isolamento térmico reforçado, é um vidro que permite um ótimo isolamento térmico ao reduzir as perdas de calor. Este vidro pode ter um fator solar baixo ou elevado. O fator solar do vidro deve ser tido em consideração com o coeficiente de transmissão térmica do vidro. Os vidros low-e com fator solar baixo, para além do isolamento térmico no inverno, proporcionam uma boa proteção contra o calor, sendo ideais para uso em envidraçados com exposição ao sol direta e sem proteção solar. Os vidros com fator solar elevado permitem a entrada do calor do sol e da luz natural e igualmente permitem um ótimo isolamento térmico, sendo ideais quando o objetivo é maximizar as trocas solares e luminosas. É um importante aliado da estética das fachadas, pois auxilia no controlo solar, sem criar o efeito espelho (efficient windows).

No caso dos vãos envidraçados, o vidro duplo com baixa emissividade é composto por duas folhas de vidro uma delas com uma superfície revestida por um material com características de baixa emissividade, separadas por um espaço de ar selado, com espessura nominal de 16 mm (ver Figura 13) (ITE 50, LNEC, 2006).

Legenda:

- 1 – Exterior
- 2 - Interior
- 3 – Perfil Intercalar (Espaçador)
- 4 – Vedante
- 5 – Material desidratante
- 6 – Vedante

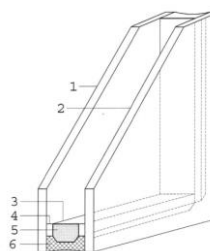


Figura 13 - Representação esquemática e pormenor construtivo de um vidro de isolamento térmico (vidro duplo) (Schittich, 2001)

As camadas de low-e, existentes neste tipo de vidro, contribuem com um fator-U baixo e são projetadas para refletir a radiação solar controlando os ganhos solares totais. Permitem ainda obter um alto ganho solar ou um baixo ganho solar, ou um ganho solar moderado, contribuindo sempre com bons níveis de transmissão de luz natural (ver Figura 14) (efficient Windows).

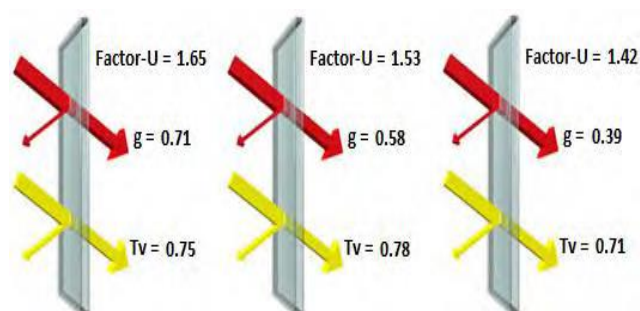


Figura 14 - vidro low-e (alto ganho solar); vidro low-e (ganho moderado); vidro low-e (baixo ganho solar) (efficient windows).

3.2.4 - Vidro refletivo ou metalizado

Os vidros refletivos ou metalizados, sofrem um tratamento recebendo óxidos metálicos com o objetivo de refletir os raios solares reduzindo a entrada de calor. Vidro tradicional ou colorido que apresenta uma capa fina colorida ou incolor composta por óxidos metálicos nas faces externa ou interna. Propiciam ambientes mais confortáveis e economizam energia usada em aparelhos de climatização principalmente em climas quentes. O vidro refletivo filtra os raios solares através da reflexão da radiação, o que garante algum controle da intensidade de luz e de calor transmitido para os ambientes internos. Este vidro reflete parcialmente para o lado onde há mais luz, ou seja durante o dia a reflexão é externa e durante a noite é interna (ver Figura 15). Se essa reflexão for excessiva o resultado pode ser desagradável. Portanto é preciso ter em atenção a percentagem de refletividade interna. É importante considerar também o efeito da cor ao especificar um vidro refletivo. Enquanto

o fator- g_{\perp} do vidro decai com vidro colorido, o fator- T_{vis} decresce mais rapidamente. Vidros refletivos são normalmente usados em edifícios comerciais para grandes envidraçados em climas quentes ou para janelas com ganhos de calor solares significativos (efficient windows).

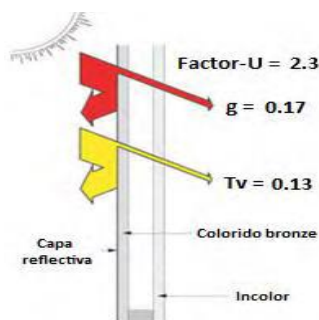


Figura 15 - Camada refletiva num sistema de vidro duplo colorido (efficient windows).

3.3 - Caixilharia

A principal função da caixilharia no vão envidraçado consiste na sustentação dos vidros, na resistência aos esforços mecânicos provenientes do seu uso e da pressão do vento, sendo também essencial que tenha a capacidade de garantir em simultâneo a continuidade de um bom isolamento térmico e acústico, obtido através do vidro.

As caixilharias podem ser classificadas de acordo com a sua função (janelas, portas e outras), material utilizado (madeira pintada ou natural, alumínio anodizado ou lacado, PVC, mista) e forma de abertura da folha (batente, basculante, entre outras).

A escolha do material da caixilharia pode basear-se em critérios económicos, estéticos, de desempenho térmico e acústico e exigências de durabilidade e manutenção. A caixilharia representa cerca de 20% a 30% da área total do vão envidraçado mas a sua contribuição para a transferência de calor poderá ser substancialmente superior, especialmente em vãos envidraçados com vidros de isolamento térmico e caixilharias sem corte térmico. Uma caixilharia mal dimensionada pode tornar um ambiente escuro, sem controlo de iluminação, ruidoso e demasiado quente ou demasiado frio (Rio, 2009).

No mercado nacional existem diversas soluções de caixilharias que se podem aplicar, no entanto os que apresentam melhores resultados são os caixilhos de alumínio com corte térmico (ver Figura 16), de PVC e madeira. Segundo ITE 50, o material de caixilharia a utilizar, diferencia-se em função dos materiais de utilização mais correntes no respetivo fabrico, nomeadamente (ITE 50, LNEC, 2006):

Caixilho metálico (alumínio ou ferro), eventualmente com desempenho térmico melhorado, de que são paradigma os caixilhos ditos com corte térmico, que são constituídos por duas peças metálicas, uma exterior e outra interior, interligadas por uma peça dum material com características mais isolantes (em regra de material plástico), que o material constituinte dos caixilhos; Caixilho de madeira (pinho ou outras espécies) e Caixilho de plástico (em geral PVC), executado com perfis uni e multicelulares.

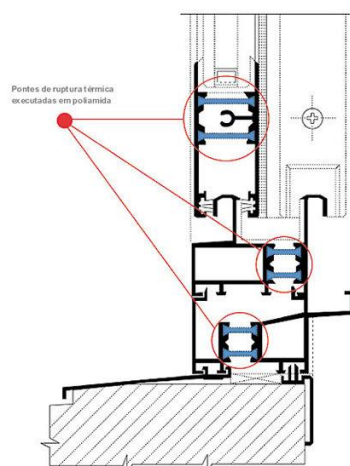


Figura 16 – Caixilharia de alumínio, com corte térmico (finstral)

3.4 - Dispositivo de oclusão noturna e sombreamento

Uma forma de controlar os ganhos solares pelos envidraçados é introduzir dispositivos de oclusão/sombreamento.

Os dispositivos de sombreamento atuam como sistemas de sombreamento contra a radiação solar. Além disso, os dispositivos de oclusão podem ajudar a diminuir o coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados, melhorando o isolamento térmico global e por extensão, o conforto térmico no interior da habitação. Ao longo dos anos, tem-se assistido a uma melhoria no desempenho térmico dos vãos envidraçados, resultado da aplicação de vidros múltiplos e películas de baixa emissividade e da melhoria da performance térmica das caixilharias. Contudo, a introdução de folhas adicionais de vidros ou de películas de baixa emissividade podem reduzir os ganhos solares. Na estação de arrefecimento (verão), esta situação é desejável, no entanto, na estação de aquecimento (inverno) os ganhos solares são vantajosos por aquecerem passivamente o interior da habitação poupando energia. Por outro lado, o coeficiente de transmissão térmica deverá ser

baixo para reduzir as perdas por condução sobretudo durante o período noturno (Kinney, 2007).

O sombreamento pelo exterior é mais eficaz para reduzir os ganhos de calor visto interceptar e dispersar os raios solares antes de atingirem o vidro. O que acontece com os dispositivos exteriores é que se evita o efeito de estufa, que acontece com os dispositivos interiores, no espaço que vai do vidro até ao dispositivo sombreador interior. Este espaço aquece por efeito de estufa e o calor transmite-se sobretudo por convecção ao interior do edifício, sendo assim menos eficaz em evitar ganhos solares. É mais caro na instalação e na manutenção, mas tem um papel importante no carácter estético de uma fachada.

Os estores interiores tendem a ser mais baratos e mais facilmente ajustáveis. Protegem os ocupantes de uma sala contra os efeitos da luz direta do sol e contra o encadeamento.

Os dispositivos de sombreamento permitem encerrar os vãos envidraçados durante a noite e proteger os vãos envidraçados dos raios solares, no verão (Kinney, 2007).

Os sistemas de sombreamento são classificados em função da posição que ocupam no edifício, podendo ser aplicados no exterior ou no interior ou entre folhas de vidros, e em função da possibilidade de manuseamento, sendo classificados como fixos ou moveis. As palas verticais e horizontais, portadas de lâminas fixas de alumínio e estores, constituem alguns exemplos de elementos de sombreamento (Palhinha, 2009).

3.5 - Soluções construtivas mais comuns em Portugal

A construção tem sofrido alguns impactos com a evolução da tecnologia, bem como as necessidades do Homem têm aumentado em função das facilidades e do bem-estar que ela traz. Com isto, temos observado o surgimento de várias técnicas, materiais e processos construtivos aplicados na construção das várias soluções construtivas de uma habitação com vista ao aumento da eficiência energética.

Neste sentido, descrevemos cada tipo de soluções construtivas que deverão garantir o melhor compromisso entre comportamento térmico e inércia térmica, evidenciando algumas soluções mais correntes na atualidade e mostrando as soluções mais emergentes.

Os vãos envidraçados têm características muito específicas que incluem, ao mesmo tempo algumas vantagens e múltiplos inconvenientes. Considerando que os envidraçados desempenham um importante papel relativamente à eficiência térmica de uma habitação, torna-se essencial efetuar um estudo acerca da escolha dos envidraçados, bem como a sua construção e montagem, visto que, se por um lado estes podem contribuir para a entrada de

calor sem custos, por outro lado, podem ser a via para o calor se dissipar. Assim, um vão envidraçado deve ser capaz de aumentar a captação de ganhos solares no inverno, proteger da radiação solar no verão e impedir as infiltrações de ar não controladas. Segundo Isolani (2008), verifica-se que cerca de 25% a 30% das necessidades de aquecimento em Portugal são devidas a perdas de calor pelos envidraçados.

Tratando-se de vãos envidraçados, deve-se ter em conta aspetos como: tipo de vidro, tipo de caixilharia e área da superfície envidraçada, bem como os dispositivos de oclusão noturna.

A caixilharia suporta os painéis de vidro que constituem as áreas envidraçadas, tanto na sua posição fechada como nas suas diversas posições abertas, garante a estanquicidade dos espaços interiores, absorve os movimentos díspares (por exemplo, a força do vento) com os seus elementos rígidos distintos e contribui assim para a otimização do desempenho energético-ambiental do edifício (casa certificada).

Quanto à área, se o edifício estiver orientado adequadamente, então a área da superfície envidraçada, no lado Sul, deve ser cerca de 40% da superfície total. Se a superfície total do lado Sul for superior a 50%, a luz solar conseguida no inverno não aumentará significativamente, e no verão as divisórias situadas na parte sul ficarão expostas a um calor excessivo. Contudo, uma reduzida superfície envidraçada, diminui a luz solar, aumentando desta forma o consumo de energia associado à iluminação artificial do espaço interior. Os envidraçados voltados a Este e Oeste não melhoram consideravelmente as condições de aquecimento no inverno, mas contribuem em grande escala para o sobreaquecimento no verão (ainda mais do que as janelas voltadas a Sul). Devendo, portanto, estes últimos envidraçados possuírem sistemas de sombreamento eficazes, como por exemplo estores ou uma vegetação exterior (de preferência de folha caduca) (Isolani, 2008).

No que diz respeito à escolha dos tipos de vidros a utilizar, implica o conhecimento das suas características solares e o modo como se pode otimizar o seu comportamento, uma vez que os envidraçados podem apresentar camadas metálicas ou pigmentos superficiais que podem absorver ou refletir determinados comprimentos de onda do espectro solar, os quais podem ser caracterizados em função do fator solar. Por outro lado, os envidraçados devem ser capazes de permitir a passagem dos comprimentos de onda do espectro visível e refletir outros comprimentos de onda, como os de infravermelhos (responsáveis pelo aquecimento) e os ultravioletas (prejudiciais ao Homem e a determinados materiais de construção).

Na escolha do tipo de vidro é preciso considerar a proteção solar dos vidros tendo em conta a escolha de um fator solar o mais baixo possível para diminuir os ganhos solares

na estação de arrefecimento, a escolha de um coeficiente de transmissão térmica (U_g) o mais baixo possível, de modo a diminuir as transferências de calor entre o exterior e o interior e a escolha de um fator de transmissão luminosa o mais alto possível de modo a maximizar a transmissão luminosa, reduzindo assim os gastos de energia com a iluminação artificial.

Relativamente à capacidade térmica dos elementos opacos, ela representa, para um dado elemento, o seu poder de acumulação de energia, contribuindo para a estabilização de temperaturas interiores. No inverno por exemplo, uma parede ou pavimento batidos pelo sol, podem armazenar calor que libertam depois à noite evitando, nessa altura, arrefecimentos sensíveis ou excessivos consumos de energia. No verão, por seu lado, aqueles mesmos elementos reduzem o sobreaquecimento do ambiente interior, absorvendo parte do calor excedente.

Assim sendo, as áreas envidraçadas são os pontos de maior interação entre o interior e o exterior: a vista, a iluminação, o ar, o calor e frio são todos potenciados ou condicionados pelas áreas envidraçadas. Os vidros duplos, a caixilharia e os sistemas de sombreamento exteriores estão entre os elementos construtivos que, durante as últimas décadas, mais beneficiaram de um desenvolvimento tecnológico essencial e marcante (casa certificada). Considerando as diferentes orientações solares existentes num mesmo edifício, deve-se ter em conta a utilização de um vidro com outras características técnicas. Neste sentido, salienta-se algumas indicações úteis para a especificação do vidro, sempre duplo, num projeto de edifício em contexto urbano, a reabilitar ou novo, em que as áreas envidraçadas não ultrapassam os 25% da área útil da habitação e em que, pelo menos, as paredes externas são maciças, capazes de armazenar os ganhos solares térmicos, nomeadamente:

- a. Em alçados orientados a Norte ou permanentemente sombreados, o fator solar não é relevante, sendo importante especificar vidro com um fator U de 1,1 (construção sustentável).
- b. Em alçados orientados a Nascente, Poente e Sul, o fator U poderá ser 1,6, mas o fator solar deverá ser igual ou inferior a 0,4. Idealmente, o índice de seletividade (relação entre a transmissão luminosa e o fator solar) deveria ser 2, o que é possível atingir com um valor de transmissão luminosa de 0,8 e um fator solar de 0,4, bem como com um valor de transmissão luminosa de 0,5 e um fator solar de 0,25 (construção sustentável).
- c. A espessura dos vidros e da caixa-de-ar deverá ser (do exterior para o interior): vidro com 8 mm, caixa-de-ar de 10 mm e vidro com 6 mm, assegurando assim uma redução de 35 dB de ruído do exterior para o interior. (construção sustentável).

- d. Como as janelas proporcionam uma relação mais direta com o exterior, é importante dotá-las de um elemento de proteção pelo exterior, permitindo ao utilizador controlar as trocas energéticas com o exterior, tornando a relação mais ou menos direta. Assim, as janelas orientadas a Poente, Sul e Nascente devem ser dotadas de sistemas de sombreamento exterior (construção sustentável).
- e. Sem perder as mais-valias que as janelas oferecem, os sistemas de sombreamento têm uma função primordial, a de cortar a incidência dos raios solares (quando estes não são desejados) antes de atravessarem o vidro, porque, uma vez trespassado o vidro, os raios solares que transportam o calor (a radiação térmica) alteram o seu comprimento de onda e não conseguem voltar a sair através do vidro, ficando detidos no espaço interior (efeito de estufa). Verifica-se, então, o fenómeno que conhecemos como efeito de estufa (construção sustentável).

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA

Com o intuito de cumprir os objetivos da presente dissertação, foi necessário desenvolver uma metodologia de trabalho, onde serão abordados alguns aspetos relevantes, para a obtenção dos resultados propostos, desenvolvidos ao longo deste capítulo.

Numa primeira abordagem será apresentado os indicadores e parâmetros utilizados, seguindo-se a metodologia e ferramentas de cálculo utilizadas na análise paramétrica e económica.

4.1 - (RCCTE) Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Indicadores e parâmetros utilizados.

O Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril, aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) que estabelece requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação e de pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização, nomeadamente ao nível das características da envolvente, limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos. Este regulamento impõe limites aos consumos energéticos para climatização e produção de águas quentes sanitárias, num claro incentivo à utilização de sistemas eficientes e de fontes energéticas com menor impacto em termos de energia primária.

O RCCTE estabelece regras a observar no projeto dos edifícios que influenciam (Art.1º), o conforto térmico, o consumo de energia e a ocorrência de condensações. O RCCTE estabelece exigências e limites para:

- As necessidades de aquecimento no Inverno (N_i -Art. 5º);
- As necessidades de arrefecimento, no Verão (N_v -Art. 6º);
- As necessidades globais de energia primária (N_t -Art. 8º);

Importa referir que na Região Autónoma da Madeira, quando o número de graus-dia (GD) é muito reduzido, em locais de baixa altitude, verifica-se que o valor limite das necessidades de aquecimento (N_i) do nº1 do artigo 15º do RCCTE é muito baixo. Desta forma, em algumas situações, poderá ser inviável o cumprimento do valor limite das necessidades de aquecimento. Assim, enquanto não houver alterações do RCCTE que permitam ultrapassar essa dificuldade, a ADENE (2011) considerou aceitável a seguinte formulação alternativa para o cálculo do valor limite das necessidades de aquecimento (N_i), para edifícios localizados na RAM:

- a) Para $FF \leq 0,5$; $N_i = 25 + 0.25 GD$;
- b) Para $0.5 < FF \leq 1$; $N_i = 25 + (0.015+0.02 FF) GD$;

- c) Para $1 < FF \leq 1.5$; $Ni = [25 + (0.015 + 0.02 \cdot FF) GD] (1.2 - 0.2FF)$;
d) Para $FF > 1.5$; $Ni = 22.5 + 0.0405 GD$;

O RCCTE, caracteriza o desempenho térmico dos edifícios através da quantificação dos seguintes índices e parâmetros:

- 1) Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic);
- 2) Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc);
- 3) Necessidades nominais anuais de energia para a produção de águas quentes sanitárias (Nac);
- 4) Necessidades globais de energia primária (Ntc).

Para efeitos do RCCTE, o país é dividido em três zonas climáticas de Inverno, I1, I2 e I3 e em três zonas climáticas de Verão V1, V2 e V3. Quanto à Região Autónoma da Madeira, a zona climática que corresponde ao verão é zona V1 (toda a RAM) e quanto as zonas climáticas de inverno, locais situados até 800 m de altitude zona I1, locais situados entre 800 e 1100 m de altitude zona I2 e locais situados acima de 1100 m de altitude zona I3.

Neste regulamento, também existem outros parâmetros complementares para os quais é necessário quantificar sob condições específicas, nomeadamente:

- Os coeficientes de transmissão térmica, superficiais e lineares, dos elementos da envolvente (valor U);
- A classe de inércia térmica do edifício ou fração autónoma (It);
- O fator solar dos vãos envidraçados (g_{\perp});
- A taxa de renovação de ar (Rph).

O objetivo central deste regulamento é estabelecer as regras que se devem observar para a satisfação das exigências de conforto térmico, seja ele de aquecimento ou de arrefecimento, e de ventilação para garantia da qualidade do ar no interior dos edifícios, sem dispêndio excessivo de energia.

Quanto aos requisitos mínimos da qualidade térmica para a envolvente dos edifícios, apresenta os valores limite relativos aos seguintes parâmetros (RCCTE - Anexo IX):

- Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis (valores U) da envolvente corrente opaca, que separam a fração autónoma do exterior;
- Coeficientes de transmissão térmica de zonas não correntes de elementos da envolvente opaca exterior (valores U);
- Fatores solares máximos admissíveis (g_{\perp} 100% ativo), para os vãos envidraçados

horizontais e verticais com área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem desde que não orientados entre Noroeste e Nordeste.

Relativamente aos requisitos mínimos da qualidade térmica para a envolvente exterior, nos termos do RCCTE, constata-se que é fundamental para garantir elevados níveis de isolamento térmico, o RCCTE define valores máximos de referência para o coeficiente de transmissão térmica para a estação de aquecimento (inverno) da envolvente vertical exterior, e fatores solares máximos admissíveis no verão.

No que diz respeito à inércia térmica de um edifício, este representa a sua capacidade em contrariar as variações de temperatura no seu interior, situação resultante da sua capacidade em acumular calor nos elementos construtivos, sendo a velocidade de absorção e a quantidade de calor absorvida, os elementos que determinam a inércia térmica do edifício.

A inércia térmica influencia o comportamento do edifício tanto no inverno, determinando a capacidade de utilização dos ganhos solares, como no verão ao influir a capacidade do edifício a absorver os picos de temperatura.

De acordo com o regulamento RCCTE (2006), são definidas três classes de inércia térmica: fraca, média e forte (ver quadro VII.6 RCCTE):

Quadro 1 - Classificação inércia térmica interior (quadro VII.6 RCCTE)

Classe de inércia	Massa superficial útil por metro quadrado da área de pavimento (kg/m²)
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

De forma a obter a Inércia Térmica do edifício, o RCCTE sugere o seguinte procedimento:

1. Calcular a massa dos elementos exteriores, em contacto com outra fração ou espaço não-útil, sabendo que se o elemento não possuir isolamento térmico, a massa superficial útil (M_{si}) é metade da massa total do elemento (mt); enquanto que se o elemento possuir isolamento térmico $M_{si} = mt$, contabiliza-se a massa a partir do isolamento para o interior. Mas em nenhum dos casos a M_{si} pode ultrapassar os 150 Kg/m²;
2. Calcular a massa dos elementos em contacto com o solo, sabendo que se o elemento não possuir isolamento térmico a massa superficial útil (M_{si}) é 150

Kg/m², enquanto que se o elemento possuir isolamento térmico $M_{si} = mt$, contabiliza-se a massa a partir do isolamento para o interior. Mas em nenhum dos casos a M_{si} pode ultrapassar os 150 Kg/m²;

3. Calcular a massa dos elementos interiores, sabendo que $M_{si} = mt$, mas a M_{si} não pode ultrapassar os 300 Kg/m²;

4. No caso dos elementos contemplados nos pontos 1, 2 e 3, a influência dos revestimentos superficiais são definidos de acordo com o Quadro 2 (ADENE, 2011):

Quadro 2 - Influência dos revestimentos superficiais interiores na massa superficial útil (ADENE, 2011)

Elemento construtivo	Resistência térmica R, do revestimento superficial (m ² .°C/W)	Fator de correção r_i	Valor efetivo a adotar para a massa superficial útil ($r_i \times M_{si}$)
Elementos da envolvente EL1 e EL2	$R \leq 0,14$	1,00	1,0 * M_{si}
	$0,14 < R \leq 0,30$	0,50	0,5 * M_{si}
	$R > 0,30$	0,00	0 * M_{si}
Elementos de compartimentação interior à fração autónoma EL3, sem isolamento	$R \leq 0,14$ em ambas as faces	1,00	1,0 * M_{si}
	$0,14 < R \leq 0,30$ em ambas as faces	0,50	0,5 * M_{si}
	$R > 0,30$ em ambas as faces	0,00	0 * M_{si}
	$R \leq 0,14$ numa face e $0,14 < R \leq 0,30$ na outra	0,75	0,75 * M_{si}
	$R \leq 0,14$ numa face e $R > 0,30$ na outra	0,50	0,5 * M_{si}
	$0,14 < R \leq 0,30$ numa face e $R > 0,30$ na outra	0,25	0,25 * M_{si}
Elementos de compartimentação interior à fração autónoma EL3, com isolamento	Analisar caso a caso		

5. Por último é necessário aplicar a equação 12, sabendo que S_i é a área superficial interior do elemento ou seja a classe térmica do edifício determina-se dividindo o somatório das massas superficiais dos elementos em contato com o espaço útil interior pela área do pavimento útil:

$$I_t = \frac{\sum M_{si} \cdot r_i \cdot S_i}{A_p} \quad (12)$$

Em termos teóricos o armazenamento de energia nos elementos opacos, influenciável pela inércia térmica em regime transitório, é descrita pelo seguinte balanço energético:

$$\Delta E_{st} = E_{in} - E_{out} \quad (13)$$

Onde,

ΔE_{st} – Energia térmica em armazenamento;

E_{in} e E_{out} – Energia térmica em trânsito pelo elemento (ganho e perda).

Num ponto interior de um elemento (T_0), no caso unidirecional, o método explícito das diferenças finitas, é descrito pela seguinte equação:

$$\rho \cdot Cp \cdot A \cdot \Delta x \cdot \frac{T_0^{t+1} - T_0^t}{\Delta t} = \frac{\lambda A}{\Delta x} (T_1^t - T_0^t) + \frac{\lambda A}{\Delta x} (T_2^t - T_0^t) \quad (14)$$

Tendo em conta o número de Fourier (representa a relação entre a velocidade de condução térmica e a velocidade de armazenamento de energia), e a difusividade térmica (expressa quão rápido um material se ajusta à temperatura no meio. Materiais com baixa difusividade térmica retardam a transferência de variações de temperatura), descritos pelas seguintes equações:

$$Fo = \frac{\alpha \Delta t}{(\Delta x)^2}; \quad \alpha = \frac{\lambda}{\rho c_p} \quad (15)$$

E substituindo na equação 14, tem-se:

$$T_0^{t+1} = Fo(T_1^t + T_2^t) + (1 - 2Fo)T_0^t \quad (16)$$

Onde,

T – Campo temperatura;

λ – Condutibilidade térmica;

A – Superfície por onde ocorrem transferências térmicas;

ρ – Massa volúmica aparente;

C_p – Calor específico;

Fo – Número de Fourier;

α – Difusividade térmica;

Δt e Δx – Intervalo tempo e distancia entre pontos nodais interiores.

No que respeita aos vãos envidraçados, para cumprimento dos requisitos e exigências do RCCTE é necessário calcular os seguintes parâmetros:

1. Fator de obstrução (F_s): O fator de obstrução (F_s) varia entre 0 e 1 e representa a redução da radiação solar que incide no vão envidraçado devido ao efeito de sombreamento permanente causado por diversos tipos de obstáculos, como:
 - Obstruções exteriores ao edifício: outros edifícios, orografia, vegetação, etc.
 - Obstruções criadas por elementos do edifício: outros corpos do mesmo edifício, palas, varandas, elementos de enquadramento do vão externos a caixilharia.

Cálculo de F_s ,

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (17)$$

Onde,

F_h – Fator de sombreamento do horizonte por obstruções longínquas exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício (corresponde à existência de obstruções longínquas exteriores ao edifício (outros edifícios ou construções, relevo, etc.) ou por outros elementos do próprio edifício);

F_o – Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrepostos ao envidraçado corresponde à existência de componentes do edifício adjacentes ou sobrepostos ao

vão envidraçado (palas, varandas, toldos, etc.);

F_f – Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado corresponde à existência de componentes do edifício adjacentes ou sobrepostos ao vão envidraçado (palas verticais, varandas, etc.).

O Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados (F_w), traduz a redução dos ganhos solares causada pela variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência da radiação solar direta.

O Fator solar do vão envidraçado (g_{\perp}), é o valor que representa a relação entre a energia solar transmitida para o interior através do vão envidraçado em relação a quantidade de radiação solar incidente na direção normal ao envidraçado.

Para maximizar o aproveitamento da radiação solar no inverno, os dispositivos de proteção móveis (estores, portadas, etc.) devem estar totalmente abertos e nessas circunstâncias apenas e considerado o fator solar do envidraçado. Sempre que se utilizem cortinas interiores ou outros dispositivos de proteção solar que normalmente permanecem fechados durante a estação de aquecimento (Inverno), estes devem ser considerados no fator solar do vão envidraçado. Quanto ao dispositivo de proteção (estores, portadas, etc.), o fator solar do envidraçado deve ser considerado com dispositivos de sombreamento móveis ativados a 70%, isto é, fator solar do vão envidraçado corresponde a soma de 30% do fator solar do vidro mais 70% do fator solar do vão envidraçado com a proteção solar móvel ativada.

No que concerne aos ganhos e perdas térmicas pelos vãos envidraçados, estes são descritos pelas seguintes equações:

Inverno:

$$Q_{ext} = 0.024 \cdot U \cdot A \cdot GD \quad (18)$$

$$Q_s = G_{sul} \cdot M \cdot \sum X_j \cdot A_{snj} \quad (19)$$

Verão:

$$Q_1 = 2.928 \cdot U \cdot A \cdot (\theta_{atm} - \theta_i) \quad (20)$$

$$Q_2 = \sum I_{rj} \cdot \sum A_{snj} \quad (21)$$

Onde,

Q_{ext} – Perdas térmicas na estação de aquecimento (kWh);

Q_s – Ganhos térmicos na estação de aquecimento (kWh);

Q_1 – Perdas térmicas na estação de arrefecimento (kWh);

Q_2 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento (kWh);

U - Coeficiente global de transmissão térmica do vão envidraçado ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);

A - Área de exposição (m^2) perpendicular ao fluxo de calor;

GD - Numero de graus-dias de aquecimento ($^\circ C \cdot dias$);

M – Duração média da estação convencional de aquecimento (meses);

- X_j – Fator de orientação para as diferentes orientações;
- A_{snj} – Área efetiva coletora da radiação solar do vão envidraçado (m^2);
- I_{rj} – Energia solar incidente no vão envidraçado por orientação (kWh/m^2);
- θ_i - Temperatura interior ($^{\circ}C$);
- θ_{atm} - Temperatura atmosférica ($^{\circ}C$).

4.2 - Parâmetros utilizados na análise paramétrica e económica

Considerando o objetivo proposto, optou-se por desenvolver uma análise estática com metodologia sustentada no RCCTE direcionada à análise paramétrica da influência dos envidraçados na prevenção do sobreaquecimento no verão. Definiu-se a metodologia seguida no RCCTE, como base para todo o cálculo, através de uma ferramenta de cálculo desenvolvida no Microsoft Excel 2013 (validação no subcapítulo 6.1).

Ao longo das análises efetuadas, recorreu-se à utilização de uma escala de cores (ver Figura 17), de modo a ser mais perceptível o tratamento dos dados obtidos nos quadros de análise.

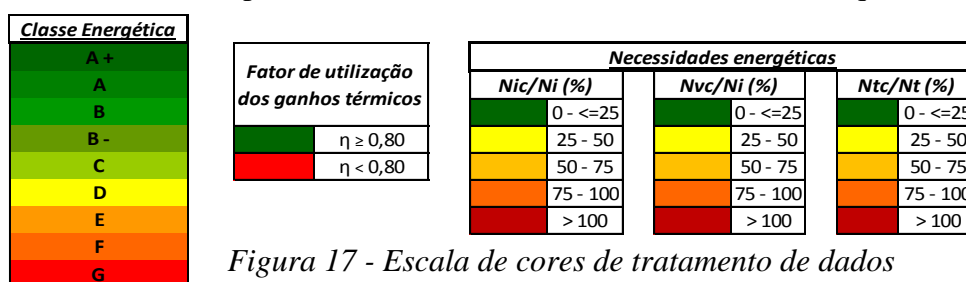


Figura 17 - Escala de cores de tratamento de dados

As características técnicas dos materiais dos elementos opacos da habitação, foram obtidas por consulta direta pelo ITE 50 e ITE 12, nomeadamente a condutibilidade térmica (λ), massa volúmica aparente seca (ρ) e resistência térmica (R_j), bem como em catálogos e tabelas técnicas.

No caso dos envidraçados, as características térmicas, provêm da observação de vários catálogos e do software Calumen II (ver Figura 18), disponibilizado pela Saint Gobain Glass Portugal, nomeadamente o coeficiente de transmissão térmica dos vidros (U_g), fator solar ($g_{\perp v}$) segundo a norma EN 410 e a transmissão de luz visível (T_{vis}).

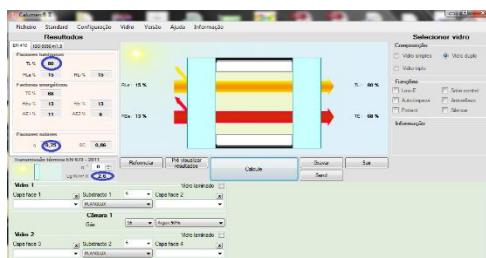


Figura 18 - Obtenção do U_g , $g_{\perp v}$ e T_{vis} das soluções envidraçadas pelo Software CalumenII

Na análise da viabilidade económica das soluções propostas, recorreu-se à metodologia definida pela ADENE, através do cálculo dos custos de exploração e períodos

de retorno do investimento, e método VAL que prevê uma análise do investimento ao longo do tempo.

4.2.1 - Validação do programa de cálculo Excel 2013

Para a realização dos cálculos, demonstração dos requisitos e cumprimento do disposto no RCCTE, podem ser utilizados quaisquer meios de cálculo, desde programas comerciais mais ou menos sofisticados até simples folhas de cálculo, ou folhas de preenchimento manual, desde que seja adequadamente cumprida a metodologia de cálculo indicada no regulamento, não sendo assim, obrigatória a utilização de qualquer software específico (ADENE, 2011).

Definiu-se a metodologia seguida no RCCTE, como base para todo o cálculo, através de uma ferramenta de cálculo desenvolvida no Microsoft Excel 2013 e validada pelo autor deste trabalho, a partir da automatização das folhas de cálculo utilizadas para a análise dos diversos parâmetros e indicadores definidos por este regulamento. Contêm as tabelas de inserção de dados relativos ao caso de estudo e todas as folhas presentes no Regulamento, inserindo as características de cada elemento, sendo imprescindível o conhecimento do regulamento.

De modo a validar e garantir que o software criado apresenta uma exatidão aceitável, recorreu-se a um outro programa de cálculo de referência, disponibilizado e desenvolvido pelo Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção (ITeCons). Este instituto, é uma associação sem fins lucrativos vocacionado para as áreas da Construção, Energia e Ambiente, que disponibiliza ferramentas de cálculo auxiliares, que implementam a metodologia preconizada no RCCTE, nomeadamente o software RCCTE v3.0.8. (ITeCons). Ao equiparar os resultados obtidos através da *Folha de Cálculo do Excel* com os do RCCTE v3.0.8, tem-se a certeza da veracidade do cálculo executado. Para tal fez-se um estudo comparativo entre os dois, onde se introduziram exatamente os mesmos parâmetros num e noutra software. O quadro seguinte apresenta os resultados da validação.

Quadro 3 - Resultados do estudo comparativo entre software

	Nic	Ni	Nvc	Nv	Nac	Na	Ntc	Nt
Excel 2013	14,29	29,58	15,46	23	30,14	41,99	3,16	6,14
RCCTE v3.0.8.	14,21	29,55	15,47	23	30,14	41,99	3,16	6,14

Os resultados obtidos foram semelhantes e, em alguns casos, até iguais, podendo-se confirmar que o método utilizado se encontra devidamente validado do ponto de vista do rigor requerido para os estudos paramétricos associados ao presente trabalho.

CAPÍTULO 5 - CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO, SUA ENVOLVENTE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A componente prática desta dissertação, incide sobre a análise térmica de uma habitação unifamiliar concebida para o efeito, com o objetivo principal de avaliar a influência do tipo de envidraçados e da classificação térmica interior da moradia, na prevenção de situações de sobreaquecimento no verão, com base no regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios em vigor (RCCTE), aprovado pelo Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de abril.

Foram realizados em separado, vários estudos do desempenho energético de diferentes elementos, nomeadamente o tipo de vidro/inércia térmica, área de envidraçados, orientação, dispositivos de oclusão e sombreamento e localização.

5.1 - Apresentação do caso de estudo

Como caso de estudo, optou-se por uma habitação unifamiliar projetada para o efeito. A escolha de uma moradia unifamiliar, prende-se com o facto de a moradia apresentar uma geometria simples, que procura simular uma habitação de construção praticada na Região Autónoma da Madeira, verificando os requisitos mínimos exigidos pelo RCCTE, e cujas características gerais são detalhadamente descritas de seguida.

A moradia unifamiliar é de tipologia T2, a ser implementado à cota 40m na Região Autónoma da Madeira, mais precisamente no concelho e freguesia de Santa Cruz, situando-se assim, na zona climática de inverno II e zona climática de verão V1.

A moradia é constituída unicamente por um piso térreo, com uma área total útil de pavimento de 84.50 m² considerada aquecida, de diferentes compartimentos descritos no Quadro 4. Esta moradia apresenta um pé-direito de 2.7 m, perfazendo um volume de 228.15 m³. No Anexo I, são apresentados os desenhos técnicos e dimensões detalhadas, da habitação nomeadamente a planta, alçados e a delimitação das zonas úteis e não úteis da envolvente.

Quadro 4 - Compartimentos da habitação e respetiva área útil

Compartimentos	Área útil
1 - Corredor	9,70 m ²
2 - Sala de estar	31,70 m ²
3 - Quarto (1)	14,15 m ²
4 - Instalação sanitária	4,60 m ²
5 - Quarto (2)	11,40 m ²
6 - Cozinha	12,95 m ²
7 - Lavandaria	8,36 m ²
Total =	92,86 m²

A moradia é constituída por vãos envidraçados verticais exteriores, segundo as orientações e desenvolvimentos descritos no Quadro 5.

Quadro 5 - Vãos envidraçados da moradia unifamiliar

Vão envidraçado	Orientação	Dimensões do vão	Área
<i>Vão env. 1</i>	Norte	(1,30*1,45)	1,89 m ²
<i>Vão env. 2</i>	Este	(1,30*1,45)	1,89 m ²
<i>Vão env. 3</i>	Este	(1,30*1,45)	1,89 m ²
<i>Vão env. 4</i>	Sul	(1,30*1,45)	1,89 m ²
<i>Vão env. 5</i>	Sul	(1,30*1,45)	1,89 m ²
<i>Vão env. 6</i>	Oeste	(1,30*1,45)	1,89 m ²
<i>Vão env. 7</i>	Oeste	(0,7*1,10)	0,77 m ²

Embora na região exista influência do sombreamento pelo horizonte, em pelo menos uma direção ortogonal, devido ao relevo próprio da ilha, esta não será considerada nas análises a serem efetuadas, por forma a tornar mais perceptível a influência dos tipos de envidraçados na moradia em estudo. Importa referir também que, esta moradia não apresenta inicialmente sistemas de sombreamento e dispositivos de oclusão nos vãos envidraçados, sendo posteriormente considerada a sua influência no desempenho energético dos vãos envidraçados.

A moradia em estudo tem ventilação natural e não cumpre a norma NP 1037-1. Encontra-se a uma altura acima do solo inferior a 10 m, na região B, na periferia de uma zona urbana de rugosidade II, conduzindo a uma classe de exposição ao vento do tipo 2. A moradia não apresenta dispositivos de admissão de ar nas fachadas, as caixilharias utilizadas não têm classificação, no que diz respeito à permeabilidade ao ar, nem presença de caixas de estores sobre as janelas. Com estes dados concluímos que a taxa de renovação de ar nesta moradia é de $R_{ph} = 0.95 \text{ h}^{-1}$.

Estruturalmente, a moradia será concebida em betão armado composta por pilares e laje maciça, vigada no contorno da laje e com vigas invertidas no desenvolvimento interior da fração em estudo.

5.2 - Caracterização dos elementos da envolvente

De forma a simular o tipo de inércia térmica interior, segundo a metodologia preconizada no RCCTE como sendo forte, média ou fraca, para a análise da influência das várias soluções de envidraçado para a moradia em estudo, apresenta-se nos pontos seguintes a caracterização dos elementos e soluções adotadas da envolvente interior e exterior da moradia, com soluções correntes na RAM, em termos das suas características térmicas e verificação dos requisitos mínimos de qualidade térmica, impostos pelo RCCTE. No Anexo

II, é exposto o cálculo do coeficiente de transmissão térmica e da massa superficial útil interior, dos vários elementos da envolvente.

5.2.1 - Envolvente opaca exterior

Neste ponto são descritas as características térmicas dos elementos construtivos da moradia em estudo, que separam o ambiente exterior e as dependências consideradas aquecidas de modo a que se atinja uma classificação de inércia térmica interior da moradia definida no quadro VII.6 do RCCTE.

As soluções construtivas que compõem a parede opaca exterior vão variar entre a posição do isolante térmico (ver Figura 19), apresentando portanto um coeficiente de transmissão térmica igual, variando assim a contribuição da massa superficial útil interior na determinação da inercia térmica interior da moradia em estudo. No Quadro 6 são apresentados os materiais que caracterizam a solução da parede exterior. Este elemento da envolvente exterior desenvolve-se com uma área superficial interior, em relação ao quadrante Norte igual a 7.55 m², Sul 14.97 m², Este 17.96 m² e Oeste igual a 23.87 m². É importante referir que a parede opaca exterior da instalação sanitária, em contacto com o interior não será revestido com placa de gesso cartonado, mas sim a grés cerâmico de 5 mm e argamassa tradicional de assentamento de 5mm, em todo o desenvolvimento do pé direito, perfazendo um desenvolvimento de 3.06 m².

Parede Exterior I:

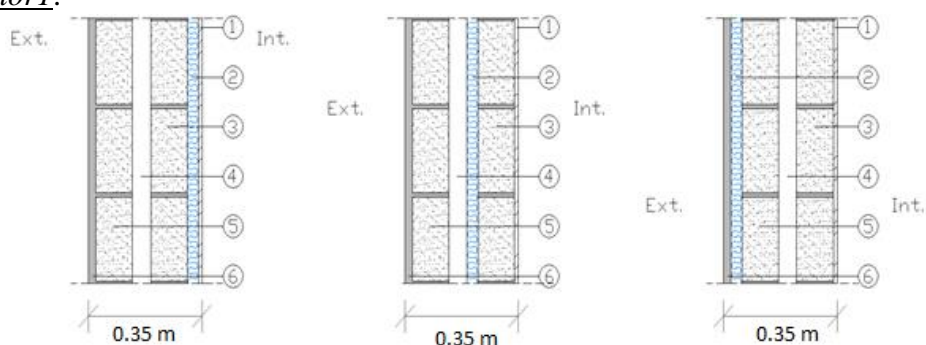


Figura 19 - Solução parede opaca exterior, para a inercia térmica fraca, média e forte respetivamente.

Quadro 6 - Elementos de caracterização da parede exterior

Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R_j (m ² °C/W)	ρ (Kg/m ³)	m (Kg/m ²)
1 - Placa gesso cartonado	0,010	0,250	0,040	875,00	8,75
2 - Poliestireno expandido moldado (Isolante Térmico)	0,030	0,042	0,714	15,00	0,45
3 - Pano bloco de betão normal furado (Alvenaria)	0,150	-	0,200	-	175,00
4 - Caixa de ar não ventilada	0,050	-	0,180	-	-
5 - Pano bloco de betão normal furado (Alvenaria)	0,100	-	0,160	-	135,00
6 - Reboco tradicional	0,010	1,300	0,008	2000,00	20,00

Face aos materiais que constituem a solução parede opaca exterior, esta caracteriza-se por ter um coeficiente de transmissão térmica $U = 0.68 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C} < U_{\text{máx}} = 1.80 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$, e a parede exterior opaca da instalação sanitária com um coeficiente de transmissão térmica $U = 0.69 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C} < U_{\text{máx}} = 1.80 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$, cumprindo assim os requisitos mínimos de qualidade térmica imposta pelo RCCTE.

Ponte térmica plana pilar e viga:

Uma ponte térmica plana é uma heterogeneidade inserida em zona corrente da envolvente exterior ou da envolvente interior em contacto com espaços não úteis, tais como pilares, talões de viga e caixas de estore, por onde se considera uma perda térmica unidimensional por unidade de área de superfície. A ponte térmica plana é quantificada multiplicando o valor de U pela respetiva superfície (ADENE, 2011).

As soluções construtivas que compõem as pontes térmicas planas (viga e pilar) da envolvente exterior, variam na determinação da inércia térmica forte, devido ao isolamento térmico ser posicionado pelo exterior, contribuindo assim num aumento da massa superficial interior do elemento (ver Figura 20). Estas soluções apresentam um coeficiente de transmissão térmica igual nas três soluções. No Quadro 7 é apresentado os materiais dos elementos que caracterizam a solução para as pontes térmicas planas opacas exteriores. Este elemento da envolvente opaca exterior (viga e pilar) desenvolve-se com uma área superficial interior, com a seguinte orientação a Norte igual a 0.56 m^2 , Sul 1.92 m^2 , Este 3.05 m^2 e Oeste 2.33 m^2 . É importante referir que a ponte térmica plana exterior da instalação sanitária, em contacto com o interior não será revestido com placa de gesso cartonado, mas sim a grés cerâmico de 5 mm e argamassa tradicional de assentamento de 5 mm, em todo o seu desenvolvimento ($A_s=1.04 \text{ m}^2$).

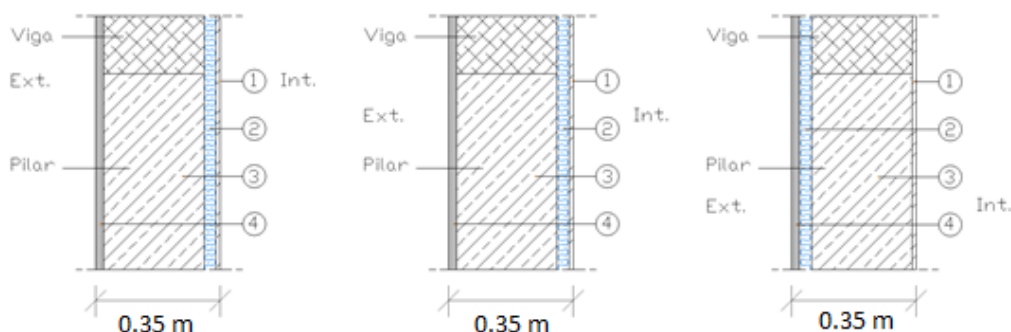


Figura 20 - Solução ponte térmica plana opaca exterior, para a inercia térmica fraca, média e forte respetivamente.

Quadro 7 - Elementos de caracterização da ponte térmica plana exterior

Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R_j (m ² .°C/W)	ρ (Kg/m ³)	m (Kg/m ²)
1 - Placa gesso cartonado	0,010	0,250	0,040	875,00	8,75
2 - Poliestireno expandido moldado (Isolante Térmico)	0,030	0,042	0,714	15,00	0,45
3 - Viga e pilar em betão armado	0,300	2,000	0,150	2400,00	720,00
4 - Reboco tradicional	0,010	1,300	0,008	2000,00	20,00

Face aos materiais que constituem a solução ponte térmica plana exterior, esta caracteriza-se por um coeficiente de transmissão térmica superior ao seu elemento em zona corrente. Este critério obriga a que nenhuma zona de qualquer elemento opaco da envolvente, incluindo zonas de ponte térmica plana, pode ter um valor de U, calculado de forma unidimensional na direção normal à envolvente, superior ao dobro do dos elementos homólogos (verticais ou horizontais) em zona corrente (Anexo IX, ponto 2, RCCTE). Assim, a solução ponte térmica plana exterior tem $U = 0.92 \text{ W/m}^2.\text{°C} < U_{\text{máx}} = 1.36 \text{ W/m}^2.\text{°C}$, e a ponte térmica plana exterior da instalação sanitária com um coeficiente de transmissão térmica $U = 0.95 \text{ W/m}^2.\text{°C} < U_{\text{máx}} = 1.38 \text{ W/m}^2.\text{°C}$, cumprindo os requisitos mínimos de qualidade térmica imposta pelo RCCTE.

Pavimento em contato com o solo:

Da solução construtiva do pavimento térreo, fazem parte: camada de enrocamento, massame armado, betonilha de regularização, isolante térmico, e como revestimento de piso, adotou-se o pavimento flutuante (ver Figura 21), cujas características são apresentadas no Quadro 8. Para as zonas húmidas (instalação sanitária e cozinha), o soalho flutuante, é substituído por betonilha de regularização e assentamento de 25 mm, e revestimento cerâmico 10 mm. Este elemento da envolvente interior com revestimento a piso flutuante desenvolve-se com uma área superficial horizontal útil interior igual a 66.95 m², e com revestimento a grés cerâmico com uma área superficial útil interior igual a 17.55 m².

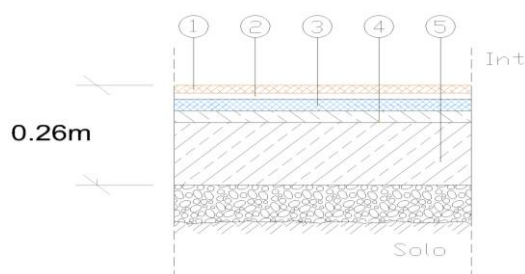


Figura 21 - Solução pavimento em contato com o solo.

Quadro 8 - Elementos de caracterização do pavimento em contato com o solo

<i>Material</i>	<i>e</i> (m)	<i>λ</i> (W/m.°C)	<i>R_j</i> (m ² .°C/W)	<i>ρ</i> (Kg/m ³)	<i>m</i> (Kg/m ²)
<i>1 - Soalho flutuante de madeira densa</i>	0,020	0,230	0,087	810,00	16,20
<i>2 - Caixa de ar não - ventilada</i>	0,015	-	0,170	-	-
<i>3 - Floormate 200</i> (Isolante Térmico)	0,030	0,035	0,857	30,00	0,90
<i>4 - Betonilha de regularização</i>	0,030	2,000	0,015	2400,00	72,00
<i>5 - Massame maciço em betão armado</i>	0,160	2,000	0,080	2400,00	384,00

O pavimento em contato com o solo não apresenta requisitos mínimos de qualidade térmica imposta pelo RCCTE.

Outros:

Para a contabilização das trocas de calor na envolvente exterior, considerou-se uma porta principal de madeira densa de dimensões 1.25*2.10 m e 40 mm de espessura, registando um coeficiente de transmissão térmica $U = 2.91 \text{ W/m}^2.\text{°C}$.

5.2.2 - Envolvente opaca interior

Neste ponto são descritas as características térmicas dos elementos construtivos interiores da moradia em estudo, que separam os compartimentos considerados aquecidos e os locais não aquecidos de modo a que se atinja uma classificação de inércia térmica interior definida no quadro VII.6 do RCCTE.

Parede de separação com local-não-aquecido:

As soluções construtivas que compõem as paredes de separação com o local-não-aquecido (lavandaria), vão variar na determinação da inércia térmica forte, devido ao posicionamento do isolamento térmico (ver Figura 22). Estas soluções apresentam um coeficiente de transmissão térmica igual nas três soluções. No Quadro 9 é apresentado os materiais dos elementos que caracterizam a solução do elemento interior de separação do local-não-aquecido. Este elemento da envolvente interior separa um compartimento não aquecido (lavandaria) de dois compartimentos aquecidos, nomeadamente a cozinha com um desenvolvimento superficial interior igual a 8.37 m², e o Quarto2 com uma área superficial interior igual a 5.94 m². O revestimento interior em contacto com a cozinha não será revestido a placa de gesso cartonado, mas sim a grés cerâmico de 5 mm e argamassa tradicional de assentamento de 5mm, em todo o seu desenvolvimento. A delimitação deste elemento encontra-se no anexo I.

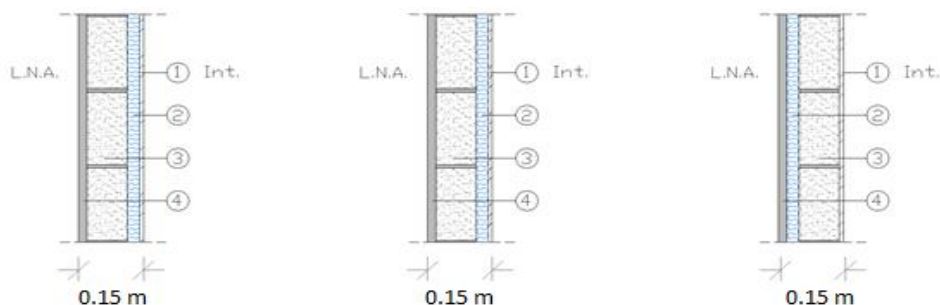


Figura 22 - Solução parede de separação com local-não-aquecido, para a determinação da inercia térmica fraca, média e forte respetivamente.

Quadro 9 - Elementos de caracterização da parede de separação de local-não-aquecido

Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R_j (m ² °C/W)	ρ (Kg/m ³)	m (Kg/m ²)
1 - Placa gesso cartonado	0,010	0,250	0,040	875,00	8,75
2 - Poliestireno expandido moldado (Isolante Térmico)	0,030	0,042	0,714	15,00	0,45
3 - Pano bloco de betão normal furado	0,100	-	0,160	-	135,00
4 - Reboco tradicional	0,010	1,300	0,008	2000,00	20,00

Uma vez que a lavandaria apresenta um coeficiente $\tau = 0.8 > 0.7$, este elemento apresenta requisitos mínimos de qualidade térmica. Face aos materiais que constituem a solução parede interior de separação, esta caracteriza-se por um coeficiente de transmissão térmica $U = 0.84 \text{ W/m}^2.\text{°C} < U_{\text{máx}} = 1.8 \text{ W/m}^2.\text{°C}$ e a solução parede interior de separação em contacto com a cozinha com um coeficiente de transmissão térmica $U = 0.87 \text{ W/m}^2.\text{°C} < U_{\text{máx}} = 1.8 \text{ W/m}^2.\text{°C}$, cumprindo assim os requisitos mínimos de qualidade térmica imposta pelo RCCTE.

Laje de teto:

A solução construtiva que compõe a laje de cobertura, separa um desvão não acessível fortemente ventilado das dependências interiores aquecidas. Face ao posicionamento do isolamento, apenas a massa da placa de gesso cartonado, contribui para a quantificação da inércia térmica interior para a solução de inercia térmica fraca e média (ver Figura 23). No Quadro 10 é apresentado os materiais dos elementos que caracterizam a solução apresentada. Este elemento da envolvente interior desenvolve-se com uma área superficial horizontal útil interior igual a 84.50 m².

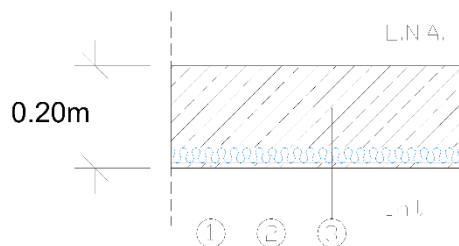


Figura 23 - Solução construtiva laje de teto

Quadro 10 - Elementos de caracterização da laje de teto

Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R_j (m ² °C/W)	ρ (Kg/m ³)	m (Kg/m ²)
1 - Placa gesso cartonado	0,010	0,250	0,040	875,00	8,75
2 - Poliestireno expandido moldado (Isolante Térmico)	0,030	0,042	0,714	15,00	0,45
3 - Laje maciça em betão armado	0,160	2,000	0,080	2400,00	384,00

Uma vez que o desvão fortemente ventilado apresenta um coeficiente $\tau = 1.0$, ou seja a temperatura interior no desvão é tomada igual à temperatura exterior, e face aos materiais que constituem a laje de cobertura, esta caracteriza-se por um coeficiente de transmissão térmica $U = 0.97 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C} < U_{\text{máx}} = 1.25 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}$, cumprindo assim os requisitos mínimos de qualidade térmica imposta pelo RCCTE.

Paredes divisórias interiores:

Para que a moradia apresentasse uma classificação de inércia térmica fraca, foi necessário adotar uma solução que contribuísse com pouca massa térmica, uma vez que a adoção dos materiais tradicionais não era tangível. Deste modo, as paredes interiores divisórias são de gesso cartonado, sendo compostas essencialmente por uma estrutura de perfis metálicos em chapa fina de aço galvanizado, constituída por perfis colocados na vertical fixos a duas travessas horizontais presas ao pavimento e ao teto. Os paramentos (placas de gesso cartonado) são fixos a estes perfis com parafusos próprios, formando a parede divisória interior. Pelo interior da estrutura e apoiados nos perfis verticais, é aplicado isolamento acústico, nomeadamente lã de rocha (lã mineral). No Quadro 11 são apresentados os materiais que caracterizam as soluções da parede interior (ver Figura 24). Como já referido anteriormente, para as zonas húmidas (instalação sanitária e cozinha), o revestimento a placa de gesso cartonado será substituído por argamassa de assentamento com 5mm e revestimento grés cerâmico 5 mm.

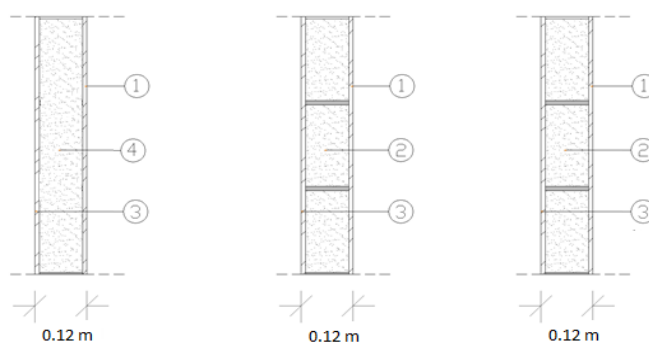


Figura 24 - Solução parede interior para determinação da inercia térmica fraca, média e forte respetivamente.

Quadro 11 - Elementos de caracterização da parede interior

<i>Material</i>	<i>e</i> (m)	<i>ρ</i> (Kg/m ³)	<i>m</i> (Kg/m ²)
<i>1 - Placa gesso cartonado</i>	0,010	875,00	8,75
<i>2 - Pano bloco de betão normal furado</i>	0,100	-	135,00
<i>3 - Placa gesso cartonado</i>	0,010	875,00	8,75
<i>4 - Lã de rocha</i>	0,100	40,00	4,00

Estas paredes interiores de delimitação dos compartimentos da moradia, não necessitam de cumprir os requisitos mínimos de qualidade térmica imposta pelo RCCTE, e a sua influência é restringida ao cálculo da inércia térmica.

Outros :

Para a contabilização das trocas de calor na envolvente interior, entre o compartimento lavandaria e cozinha, considerou-se a porta interior de madeira densa de dimensões 0.90*2.10 m e 35 mm de espessura, registando um coeficiente de transmissão térmica $U=2.43 \text{ W/m}^2.\text{°C}$.

5.2.3 - Quantificação da inércia térmica interior

Como referência para definição da classe de inércia térmica interior, utilizaram-se os limites sugeridos pelo RCCTE, em que a inércia térmica de um edifício é definida como Forte, Media ou Fraca em função do índice de inércia (I_t) do mesmo, conforme se encontra especificado no quadro VII.6 do RCCTE. Este índice representa a razão entre a massa superficial útil interior das soluções construtivas associadas aos espaços úteis e a área útil de pavimento desses mesmos espaços.

Em modo de resumo face ao exposto nos pontos anteriores são apresentados os Quadros 12, 13 e 14, representativos da quantificação da inercia térmica interior das soluções adotadas, de modo a classificar a moradia unifamiliar em estudo nas três classes de inércia.

Quadro 12 - Determinação da inércia térmica fraca

Elemento de construção	mt (kg/m2)	Imposição regulamentar	Msi (kg/m2)	Si (m2)	Fator de correção r(-)	Msi.r.Si (kg)
Parede Exterior	mi 8,75	150,00	8,75	64,35	1,00	563,06
Pilar e Viga - Ponte Térmica plana exterior	mi 8,75	150,00	8,75	7,86	1,00	68,78
Parede exterior inst. Sanitária	mi 21,50	150,00	21,50	3,06	1,00	65,79
Pilar e Viga - Ponte Térmica plana exterior inst. sanitária	mi 21,50	150,00	21,50	1,04	1,00	22,36
Parede interior Quarto2 - Lavandaria	mi 8,75	150,00	8,75	5,94	1,00	51,98
Parede interior Cozinha - Lavandaria	mi 21,50	150,00	21,50	8,37	1,00	179,96
Paredes interior (Revestimento: Gesso c.-Grés c.)	mi 21,50	150,00	21,50	29,43	1,00	632,75
	me 8,75	150,00	8,75	29,43	1,00	257,51
Paredes interior -(Revestimento: Gesso C.-Gesso C.)	mi 8,75	150,00	8,75	24,03	1,00	210,26
	me 8,75	150,00	8,75	24,03	1,00	210,26
Laje de teto	mi 8,75	150,00	8,75	84,50	1,00	739,38
Pavimento em contacto com o Solo - Soalho de madeira	mi 16,20	150,00	16,20	66,95	0,50	542,30
Pavimento em contacto com o Solo - Grés cerâmico	mi 83,00	150,00	83,00	17,55	1,00	1456,65

Total = 5001,04 kg

Para uma área útil de pavimento de 84.50 m² resulta um índice de inércia térmica $I_t = 59.18 \text{ kg/m}^2$, o que confirma que se está perante uma moradia com inércia fraca.

Quadro 13 - Determinação da inércia térmica média

Elemento de construção	mt (kg/m ²)	Imposição regulamentar	Msi (kg/m ²)	Si (m ²)	Fator de correção r(-)	Msi.r.Si (kg)
Parede Exterior l	mi 183,75	150,00	150,00	64,35	1,00	9652,50
Pilar e Viga - Ponte Térmica plana exterior	mi 8,75	150,00	8,75	7,86	1,00	68,78
Parede exterior inst. Sanitária	mi 196,50	150,00	150,00	3,06	1,00	459,00
Pilar e Viga - Ponte Térmica plana exterior inst. sanitária	mi 21,50	150,00	21,50	1,04	1,00	22,36
Parede interior Quarto2 - Lavandaria	mi 8,75	150,00	8,75	5,94	1,00	51,98
Parede interior Cozinha - Lavandaria	mi 21,50	150,00	21,50	8,37	1,00	179,96
Paredes interior - (Revestimento: Gesso C.-Grés C.)	mt 165,25	300,00	165,25	58,86	1,00	9726,62
Paredes interior -(Revestimento: Gesso C.-Gesso C.)	mt 152,50	300,00	152,50	48,06	1,00	7329,15
Laje de teto	mi 8,75	150,00	8,75	84,50	1,00	739,38
Pavimento em contacto com o Solo - Soalho de madeira	mi 16,20	150,00	16,20	66,95	0,50	542,30
Pavimento em contacto com o Solo - Grés cerâmico	mi 83,00	150,00	83,00	17,55	1,00	1456,65

Total = 30228,65 kg

Para uma área útil de pavimento de 84.50 m² resulta um índice de inércia térmica $I_t = 357.74 \text{ kg/m}^2$, o que confirma que se está perante uma moradia com inércia média.

Quadro 14 - Determinação da inércia térmica forte

Elemento de construção	mt (kg/m ²)	Imposição regulamentar	Msi (kg/m ²)	Si (m ²)	Fator de correção r(-)	Msi.r.Si (kg)
Parede Exterior	mi 183,75	150,00	150,00	64,35	1,00	9652,50
Pilar e Viga - Ponte Térmica plana exterior	mi 728,75	150,00	150,00	7,86	1,00	1179,00
Parede exterior inst. Sanitária	mi 196,50	150,00	150,00	3,06	1,00	459,00
Pilar e Viga - Ponte Térmica plana exterior inst. sanitária	mi 741,50	150,00	150,00	1,04	1,00	156,00
Parede interior Quarto2 - Lavandaria	mi 143,75	150,00	143,75	5,94	1,00	853,88
Parede interior Cozinha - Lavandaria	mi 156,50	150,00	150,00	8,37	1,00	1255,50
Paredes interior - (Revestimento: Gesso C.-Grés C.)	mt 165,25	300,00	165,25	58,86	1,00	9726,62
Paredes interior -(Revestimento: Gesso C.-Gesso C.)	mt 152,50	300,00	152,50	48,06	1,00	7329,15
Laje de teto	mi 392,75	150,00	150,00	84,50	1,00	12675,00
Pavimento em contacto com o Solo - Soalho de madeira	mi 16,20	150,00	16,20	66,95	0,50	542,30
Pavimento em contacto com o Solo - Grés cerâmico	mi 83,00	150,00	83,00	17,55	1,00	1456,65

Total = 45285,59 kg

Para uma área útil de pavimento de 84.50 m² resulta um índice de inércia térmica $I_t = 535.92 \text{ kg/m}^2$, o que confirma que se está perante uma moradia com inércia forte.

5.2.4 - Ponte térmica linear

Uma ponte térmica linear corresponde à ligação de dois elementos construtivos exteriores ou em contacto com um espaço não útil com $\tau > 0.7$ e representa a quantidade de calor transmitida ao longo da ligação entre elementos construtivos ou elementos enterrados (B), por unidade de tempo, quando sujeito a um gradiente de temperatura unitário entre os ambientes que separa (ADENE, 2011). Este coeficiente é utilizado na quantificação das perdas de calor através do perímetro dos elementos em contacto com o solo, assim como na avaliação das perdas de calor através das ligações entre elementos construtivos. Para a moradia em estudo foram identificados as seguintes perdas lineares pela envolvente exterior

(Quadro 15), e pela envolvente interior (Quadro 16), segundo as soluções descritas anteriormente, de modo a obter-se uma classe de inércia térmica interior, de acordo com o preconizado no RCCTE.

Quadro 15 - Perdas lineares pela envolvente exterior

Ponte térmica linear para o exterior	Comp. (m)	Classe de inércia interior		
		Fraca	Média	Forte
		Ψ (W/m.°C)	Ψ (W/m.°C)	Ψ (W/m.°C)
<i>PTL 1 - Pavimento em contato com o solo</i>	33,700	1,800	1,800	1,800
<i>PTL 2 - Fachada com pavimentos térreos</i>	33,700	0,540	0,490	0,300
<i>PTL 3 - Ligação da fachada com cobertura</i>	33,700	0,500	0,500	0,390
<i>PTL 4.1 - Ligação entre duas paredes verticais</i>	8,700	0,250	0,200	0,150
<i>PTL 4.2 - Ligação entre duas paredes verticais</i>	5,800	0,125	0,100	0,075

No caso da ponte térmica linear, ligação da fachada com a cobertura e ligação da parede interior com a cobertura, utilizou-se um valor convencional de $\psi = 0.5 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$, uma vez que não se encontra tipificada no regulamento o isolamento da laje de cobertura pelo interior. No que se refere a ponte térmica ligação de fachada com padieira, ombreira e peitoril, considerou-se o contacto contínuo do isolamento com a caixilharia, pelo que se considerou $\psi = 0 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$.

Quadro 16 - Perdas lineares pela envolvente interior

Ponte térmica linear (separação - espaços não úteis com $\tau > 0,7$)	Comp. (m)	τ (-)	Classe de inércia interior		
			Fraca	Média	Forte
			Ψ (W/m.°C)	Ψ (W/m.°C)	Ψ (W/m.°C)
<i>PTL 1 - Pavimento em contato com o solo</i>	6,000	0,800	1,800	1,800	1,800
<i>PTL 2 - Fachada com pavimentos térreos</i>	6,000	0,800	0,540	0,490	0,300
<i>PTL 3 - Ligação da fachada com cobertura</i>	6,000	1,000	0,500	0,500	0,390
<i>PTL 4 - Ligação entre duas paredes verticais</i>	5,800	0,800	0,125	0,100	0,075

Verifica-se uma redução de perdas térmicas quando o isolamento é posicionado pelo exterior, por ser o mais eficiente no tratamento das pontes térmicas lineares.

5.3 - Soluções envidraçadas

O vidro normalmente ocupa uma grande parte da área do vão envidraçado, sendo uma zona bastante propícia a trocas de calor, não só através de ganhos solares, mas também por perdas térmicas. Assim, uma escolha adequada do tipo de envidraçado pode influenciar significativamente o desempenho térmico de uma habitação. No mercado existem

atualmente uma variedade de múltiplas aplicações de soluções envidraçadas, que oferecem aos intervenientes da construção uma grande liberdade na criação de soluções, no que diz respeito ao isolamento térmico, acústico, segurança, autolimpeza, estética e decoração, em construção nova ou de remodelação. Para as várias soluções de envidraçado, comercializadas no mercado nacional português, recorreu-se a uma seleção destes, apresentado pela empresa Saint Gobain Glass-Portugal, uma vez que dispõe de uma grande variedade de produtos, e que oferecem uma resposta concreta e de performance às exigências dos intervenientes da construção.

No estudo da influência do tipo de envidraçados foram simuladas 12 soluções de vidro simples e duplos, previamente selecionados e assinaladas para o caso de estudo, com base na funcionalidade de conforto térmico, nível de luminosidade e estética, das quais resultaram sete soluções de vidro simples e cinco soluções de vidro duplo (Saint Gobain Glass).

Com o objetivo de estudar a influência do tipo de envidraçados, na moradia unifamiliar em estudo, são apresentadas no Quadro 17, soluções envidraçadas, com as suas principais características técnicas e vidros constituintes, nomeadamente a transmissão luminosa, o fator solar, e o coeficiente de transmissão térmica, relativamente a todas as soluções de vidro estudadas.

Quadro 17 - Características dos vidros constituintes das várias soluções estudadas (Saint Gobain Glass, 2013)

	Solução SGG	Característica	e (mm)	T_{vis}	g^{+v}	U_{vidro} [W/m².°C]
Vidro Simples	SGG Planilux	Vidro simples Incolor tradicional	6,0	0,89	0,84	5,7
	SGG Diamant	Vidro simples extra-claro	6,0	0,91	0,89	5,7
	SGG Masterglass	Vidro impresso arquitetónico	6,0	0,87	0,82	5,7
	SGG Satinovo	Vidro fosco por tratamento a ácido	6,0	0,77	0,64	5,8
	SGG Stapid Color	Vidro laminado com PVB translúcido difusor da Luz.	6,0	0,65	0,66	5,7
	SGG Parsol Green	Vidro colorido na massa (verde)	6,0	0,73	0,57	5,7
	SGG Reflectasol	Vidro simples reflectante com capa de controlo Solar	6,0	0,32	0,50	5,7

(Continuação)

Vidro Duplo	Solução SGG	Característica	Vidros	e (mm)	Tvis	g ^{±v}	U _{vidro} [W/m ² .°C]
	SGG Climalit	Vidro duplo incolor tradicional	SGG Planilux	6,0	0,80	0,75	Ar
			Gás de isolamento	16,0			
			SGG Planilux	6,0			
	SGG ClimaPlus	Vidro duplo incolor com capa de baixa emissividade	SGG Planilux	6,0	0,78	0,61	Ar
			Gás de isolamento	16,0			
			SGG Planiterm One	6,0			
SGG ClimaPlus 4s	Vidro Duplo incolor baixo emissivo e controlo solar	SGG Planistar	6,0	0,69	0,41	Ar	
		Gás de isolamento	16,0				
		SGG Planilux	6,0				
SGG ClimaPlus Parsol Green	Vidro duplo colorido na massa e baixa emissividade e controlo solar	SGG Parsol	6,0	0,64	0,39	Ar	
		Gás de isolamento	16,0				
		SGG Planiterm One	6,0				
SGG ClimaPlus Reflectasol	Vidro duplo refletante e baixo emissivo	SGG Reflectasol	6,0	0,13	0,22	Ar	
		Gás de isolamento	16,0				
		SGG Planiterm One	6,0				

De forma a proporcionar um maior conhecimento e informação das soluções envidraçadas em estudo, é apresentado no Quadro 18 as respetivas descrições, suas possíveis aplicações, bem como as vantagens de utilização.

Quadro 18 - Aplicação e vantagens de utilização das soluções estudadas (Saint Gobain Glass, 2013)

Solução SGG	Descrição do Vidro	Aplicação	Vantagens
<u>SGG Planilux</u>	É um vidro de processo de fabrico float (Vidro clássico)	Todo o tipo de aplicações desde o mobiliário de interiores às fachadas estruturais.	Disponível numa vasta gama de espessuras
<u>SGG Diamant</u>	É um vidro de processo de fabrico float, extremamente transparente, devido ao seu baixo teor em óxidos de Ferro, que lhe confere propriedades estéticas e óticas muito particulares	Qualidades estéticas e óticas de transparência são particularmente procuradas, por exemplo montras e frente de lojas.	-Transmissão luminosa superior à de um vidro clássico; -Otimização das cores e dos contrastes; -Se elemento espesso, a cor esverdeada é mais atenuado.
<u>SGG Masterglass</u>	É um vidro que apresenta textura gravada numa face e outra lisa. A textura é obtida por laminagem de vidro fundido entre dois cilindros	Múltiplas aplicações exterior e interior	-Captam e jogam com a Luz; -O aspeto translúcido em particular preserva a intimidade dos espaços.

(Continuação)

<u>SGG</u> <u>Satinovo</u>	É um vidro obtido por foscagem, que apresenta uma superfície acetinada perfeitamente homogénea, translúcida. Beneficia de entrada otimizada de luz protegendo a intimidade dos espaços	Múltiplas aplicações exteriores e interior	-Estética refinada; -Elevada transmissão luminosa; -Fácil manutenção
<u>SGG</u> <u>Stapid</u> <u>Color</u>	É um vidro laminado colorido obtido pela junção de dois ou mais vidros por um ou mais filmes coloridos (Transparente ou translucido) de butiral polivinil (PvB).	Múltiplas aplicações exterior e interior destacando-se por permitir a criação de cores exclusivas em versões transparentes ou translúcidas.	-Estética refinada; -Limitação dos raios ultra violetas; -Em casos de rutura, os fragmentos de vidro permanecem agregados ao filme PVB.
<u>SGG</u> <u>Parsol</u> <u>Green</u>	É um vidro verde colorido na massa e também apresenta propriedades de controlo solar.	Múltiplas aplicações exteriores e interior.	-Estética; -Controlo solar
<u>SGG</u> <u>Reflectasol</u>	É um vidro com capa de controlo Solar. Esta capa transparente (Processo de fabricação por "pirólise") é um depósito de origem metálica, aplicada sobre um vidro SGG Planilux.	Múltiplas aplicações, destacando-se pela baixa transmissão luminosa associada a uma elevada reflexão luminosa.	-Capa: resistência e estabilidade ao longo do tempo; -Controlo solar e aspeto muito refletante
<u>SGG</u> <u>Climalit</u>	É um vidro duplo incolor tradicional, constituído por dois vidros separados por um espaço hermeticamente preenchido por um gás. Fabricado segundo o processo climalit.	Múltiplas aplicações exterior e interior	-Quando comparado com Vidro simples tradicional: redução dos custos de aquecimento; -Melhoria do conforto junto de superfícies envidraçadas; -Elevado nível de Tvis
<u>SGG</u> <u>ClimaPlus</u>	É um vidro Duplo em que um dos vidros (SGG Planiterm One) é revestido com uma capa de baixa emissividade fina e transparente aplicada na face 3, composta por materiais de origem metálica, refletindo os raios infravermelhos de longo comprimento de onda, os que transportam calor e são responsáveis pelo aquecimento. Confere função de elevado Rendimento, por ter isolamento térmico superior à de um vidro duplo comum SGG Climalit.	Múltiplas aplicações exterior e interior, sendo a escolha mais apropriada para equipar janelas de qualquer espaço com aquecimento.	-Diminuição significativa do Nic por radiação através do vidro; -Possibilidade de ser utilizada em grandes superfícies envidraçadas respeitando a regulamentação; -Redução de riscos de condensação no vidro interior; elevado nível de transmissão luminosa; -Aspecto neutro em reflexão e em transmissão.

<p><u>SGG</u> <u>ClimaPlus</u> <u>4s</u></p>	<p>É um vidro duplo incolor em que um dos vidros SGG Planistar tem depositada uma capa fina e transparente composta por materiais de origem metálica. Esta capa confere ao vidro duplo a função conforto inverno-verão: <i>Baixa emissividade</i> (reflete os raios infravermelhos de grande comprimento de onda); <i>controlo solar</i>: reflete uma parte importante da energia solar. É fabricado pelo processo Climatic</p>	<p>Múltiplas aplicações sendo orientada para superfícies sujeitas a grande exposição solar. Vidro Duplo (SGG Planistar [com capa de baixa emissividade e controlo Solar]+ caixa com gás isolante + SGG Planilux)</p>	<p><i>No inverno</i>: Isolamento térmico 3 vezes superior ao de um vidro duplo corrente; Reduz perdas de calor e condensações no lado interior do vidro; grandes superfícies respeitando as exigências da regulamentação térmica <i>No Verão</i>: Redução em metade da transmissão direta de calor solar; melhoria da manutenção de uma temperatura de conforto interior, limitando custos derivados do ar condicionado ou de uma proteção solar; diminuição da transmissão de raios Ultravioleta.</p>
<p><u>SGG</u> <u>ClimaPlus</u> <u>Parsol</u> <u>Green</u></p>	<p>É um vidro Duplo com vidro exterior (SGG Parsol) verde colorido na massa e também apresenta propriedades de controlo solar. O vidro interior (SGG Planiterm One) está revestido com uma capa de baixa emissividade fina e transparente aplicada na face 3, composta por materiais de origem metálica, refletindo os raios infravermelhos de longo comprimento de onda, os que transportam calor e são responsáveis pelo aquecimento.</p>	<p>Múltiplas aplicações exteriores</p>	<p>Estética; controlo solar; - Diminuição significativa das necessidades de aquecimento por radiação através do vidro; -Possibilidade de ser utilizada em grandes superfícies envidraçadas respeitando a regulamentação; -Redução de riscos de condensação no vidro interior; elevado nível de transmissão luminosa; -aspeto neutro em reflexão e em transmissão.</p>
<p><u>SGG</u> <u>ClimaPlus</u> <u>Refectasol</u></p>	<p>É um vidro Duplo com vidro exterior (SGG Refectasol) com capa de controlo Solar. Esta capa transparente (Processo de fabricação por "pirólise") é um depósito de origem metálica, aplicada sobre um vidro SGG Planilux. O vidro interior (SGG Planiterm One) está revestido com uma capa de baixa emissividade fina e transparente aplicada na face 3, composta por materiais de origem metálica, refletindo os raios infravermelhos de longo comprimento de onda, os que transportam calor e são responsáveis pelo aquecimento.</p>	<p>Múltiplas aplicações, destacando-se pela baixa transmissão luminosa associada a uma elevada reflexão luminosa, criando ambientes interiores com grandes superfícies envidraçadas num ambiente íntimo e exclusivo.</p>	<p>-Capa de controlo solar com resistência e estabilidade ao longo do tempo, aspeto muito refletante; -Possibilidade de ser utilizada em grandes superfícies envidraçadas respeitando a regulamentação; -Redução de riscos de condensação no vidro interior; -Aspeto neutro em reflexão e em transmissão.</p>

5.4 - Influência das várias soluções envidraçadas e classe de inércia térmica

Uma vez que o estudo incide essencialmente na influência do tipo de envidraçados na prevenção de situações de sobreaquecimento no verão, e atendendo à sua influência no inverno, para cada solução de envidraçado em análise, optou-se por calcular as necessidades nominais de energia útil para o aquecimento (N_{ic}) e as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}), de modo a verificar quais as melhores soluções durante o inverno e durante o verão, consoante a classe de inércia térmica da moradia em estudo.

Para o processo de cálculo das necessidades energéticas de climatização, consideraram-se os seguintes parâmetros:

- Estação convencional de aquecimento: cuja definição da duração desta estação, varia em regra de região para região de acordo com o Quadro III.1 do anexo III do RCCTE, de um mínimo de 4.3 meses até um máximo de 8.0 meses, sendo que na RAM a duração desta estação apresenta um mínimo de 0.3 meses e um máximo de 8.0 meses, consoante a altitude;
- Estação convencional de arrefecimento: foram consideradas de acordo com o RCCTE, os quatro meses de verão (junho, julho, agosto e setembro), em que é maior a probabilidade de ocorrência de temperaturas exteriores elevadas que possam exigir arrefecimento ambiente em edifícios com pequenas cargas internas;
- Solução envidraçada: considerou-se nos vidros duplos um gás de enchimento de ar desidratado;
- Sistema de janela: em todos os vãos envidraçados da moradia em análise, foi considerada uma janela simples de abrir de duas folhas, com exceção do vão 7 da instalação sanitária em que é uma janela simples com uma folha fixa e outra móvel oscilo-batente;
- Caixilharia: considerou-se uma caixilharia de alumínio sem corte térmico $U_f = 5.7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (ANFAJE, 2012) e um intercalador metálico utilizado em vidro duplo de acordo com a ISO 10077-1:2006, por ser uma solução corrente na RAM;
- Dispositivos de sombreamento/oclusão noturna: numa primeira análise não foram contabilizados quaisquer dispositivos de sombreamento e oclusão noturna, implicando o fator solar da própria solução envidraçada. Assim o fator solar na estação de aquecimento é igual à estação de arrefecimento, uma vez que os vãos

envidraçados da moradia não terão outra proteção solar/occlusão noturna, apenas as soluções envidraçadas em análise.

- Por exigência regulamentar o vão envidraçado, orientado a norte foi aplicado na face exterior da envolvente, não existindo qualquer sombreamento criado pela profundidade de inserção do envidraçado, no elemento exterior opaco;
- Área total dos vãos envidraçados, corresponde a 14.3% da área útil de pavimento da moradia, e a área dos envidraçados corresponde a 10% da área útil de pavimento.

De forma a conhecer o impacto da influência que as várias soluções de envidraçado têm nas necessidades energéticas da moradia, independentemente da classe de inércia térmica da mesma, no Figura 25 e Quadro 19, são apresentadas as perdas e ganhos de calor (ver equação 18 e 19, capítulo 5) das diferentes soluções envidraçadas em estudo durante a estação de aquecimento. Os envidraçados são caracterizados essencialmente por dois fatores, nomeadamente o coeficiente de transmissão térmica (U_v) associado às perdas térmicas, e fator solar ($g_{\perp v}$) associado aos ganhos solares.

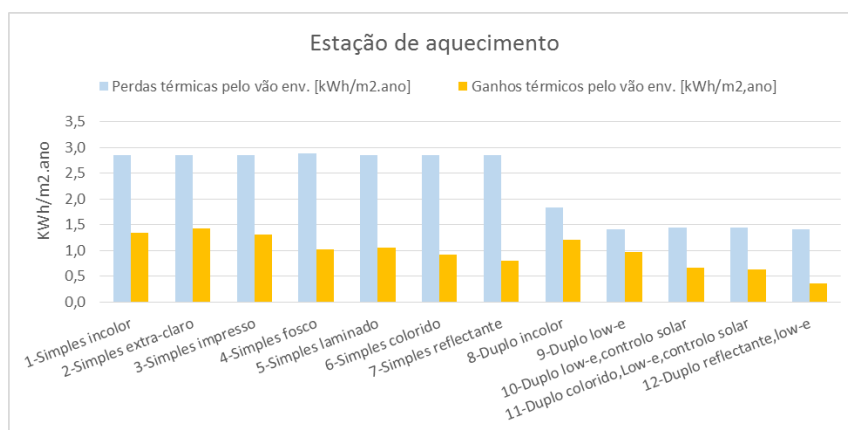


Figura 25 - Perdas e ganhos térmicos no inverno

Quadro 19 - Perdas e ganhos térmicos no inverno

Solução envidraçada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Perdas térmicas pelo vão env. [kWh/m².ano]	2,855	2,855	2,855	2,890	2,855	2,855	2,855	1,840	1,401	1,436	1,436	1,401
Ganhos térmicos pelo vão env. [kWh/m².ano]	1,342	1,421	1,310	1,022	1,054	0,910	0,799	1,198	0,974	0,655	0,623	0,351
Disparidade entre ganhos e perdas térmicas	1,514	1,434	1,546	1,868	1,801	1,945	2,057	0,642	0,427	0,781	0,813	1,049

Na estação de aquecimento importa reduzir as perdas térmicas e aumentar os ganhos solares, por forma a contribuir para a redução das necessidades anuais de aquecimento. Pela análise do Figura 25 e Quadro 19, verifica-se que o vidro que apresenta menor diferenciação entre as perdas térmicas e ganhos solares é a solução envidraçada 9 (vidro duplo low-e), contribuindo assim numa menor variação da temperatura interior de conforto da moradia.

Isto deve-se ao facto deste vidro apresentar um coeficiente de transmissão térmica reduzido (menores perdas), relativamente a todas as soluções em análise ($U=1.3 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$), e permitir a transmissão de 61% da energia solar ($g_{\perp\nu} = 0.61$) e 78% da luz visível ($T_{vis}=0.78$), (ver Quadro 17). A solução de vidro duplo refletante e baixo emissivo (12), embora também apresente um coeficiente de transmissão térmica igualmente reduzido ($U=1.3 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$), este apresenta um reduzido fator solar ($g_{\perp\nu} = 0.22$), reduzindo os ganhos solares na ordem dos 64%, bem como uma redução da passagem de luz visível na ordem dos 66% ($T_{vis}=0.13$), contribuindo assim para uma maior diferença entre perdas e ganhos térmicos, bem como numa maior variação da temperatura interior, quando comparada com a solução (9).

A segunda melhor solução que apresenta menor diferença entre perdas térmicas e ganhos solares é o envidraçado 8 (vidro duplo incolor), e caracteriza-se por um coeficiente de transmissão térmica ($U=2.7 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$) reduzido, quando comparado com os vidros simples e permitindo a passagem de 75% da energia solar ($g_{\perp\nu} = 0.75$) e 80% da luz visível ($T_{vis}=0.8$), sendo este aquele que apresenta o maior nível de transmissão da energia solar e luz visível relativamente a todas as soluções envidraçadas à exceção dos vidros simples incolor.

A solução que apresenta maior disparidade entre perdas térmicas e ganhos solares é a solução envidraçada 7 (simples refletante). Esta solução apresenta um coeficiente de transmissão térmica elevado ($U= 5.7 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$), apresentando perdas térmicas significativas, relativamente aos ganhos solares por ter um fator solar ($g_{\perp\nu} = 0.5$) relativamente reduzido. O vidro 6 (simples colorido), também representa uma má solução, pelas mesmas razões da solução anterior, nomeadamente reduzidos ganhos solares ($g_{\perp\nu} = 0.57$) e consideráveis perdas de calor ($U = 5.7 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$), quando comparado com outras soluções.

As soluções envidraçadas 1 e 2 (simples incolor e simples extra-claro, respetivamente), são aquelas que apresentam os maiores ganhos solares ($1.34 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$ e $1.42 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$), que apesar de serem benéficos nesta estação, o facto de apresentarem simultaneamente consideráveis perdas de calor, através de elevados valores de coeficiente de transmissão térmica ($U = 5.7 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$), e permitirem a passagem de grande parte da luz visível ($T_{vis}=0.89$ e $T_{vis}=0.91$) e da energia solar ($g_{\perp\nu} = 0.84$ e $g_{\perp\nu} = 0.89$) para o interior da moradia, apresentam assim disparidades térmicas significativas não podendo ser consideradas as melhores soluções para esta estação. Como conclusão podemos afirmar, que nesta estação as melhores soluções, são as soluções que têm reduzidos coeficientes de transmissão térmica e elevado fator solar, implicando menores disparidades entre perdas e

ganhos térmicos, contribuindo assim numa menor variação da temperatura interior de conforto.

De forma a analisar a influência da classe de inércia térmica da moradia, com as soluções envidraçadas em análise, são apresentados no Figura 26 e Quadro 20, as necessidades anuais de aquecimento, bem como o fator de utilização dos ganhos térmicos (ver capítulo 4, equação 20 e 21).

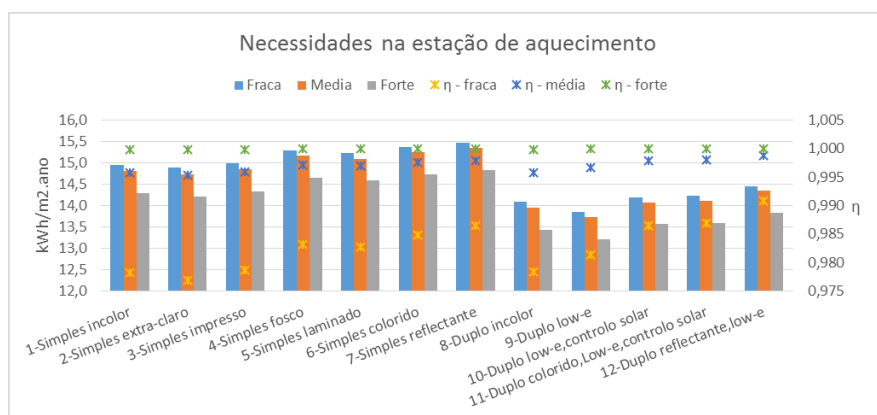


Figura 26 - Necessidades anuais de aquecimento em função da classe de inércia térmica e fator de utilização dos ganhos solares

Quadro 20 - Necessidades anuais de aquecimento em função da classe de inércia térmica e fator de utilização dos ganhos solares

Solução envidraçada		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Classe de inércia térmica	Fraca	Nic [Kwh/m ² .ano]	14,956	14,881	14,986	15,294	15,228	15,366	15,473	14,080	13,855	14,195	14,226	14,454
		η - fraca	0,978	0,977	0,979	0,983	0,983	0,985	0,986	0,978	0,981	0,986	0,987	0,991
	Média	Nic [Kwh/m ² .ano]	14,810	14,732	14,842	15,161	15,094	15,236	15,347	13,938	13,720	14,071	14,103	14,338
		η - média	0,996	0,995	0,996	0,997	0,997	0,997	0,998	0,996	0,997	0,998	0,998	0,999
	Forte	Nic [Kwh/m ² .ano]	14,290	14,210	14,322	14,644	14,577	14,721	14,833	13,418	13,203	13,557	13,589	13,825
		η - forte	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ni [Kwh/m ² .ano]		29,58												

A inércia térmica de um edifício, tem influência na sua capacidade em contrariar as variações de temperatura no seu interior, devido à sua capacidade para acumular calor nos seus elementos de construção. A inércia térmica influi sobre o comportamento do edifício no inverno ao determinar a capacidade de utilização dos ganhos solares, contribuindo assim para a redução das necessidades energéticas de aquecimento.

Numa primeira análise verifica-se que o fator de utilização dos ganhos térmicos da classe de inércia térmica fraca apresenta uma maior probabilidade de ocorrência de sobreaquecimento no inverno, embora muito diminuta, pois está acima do valor considerado crítico de $\eta=0.80$. Verifica-se também uma redução das necessidades nominais de aquecimento, da moradia com uma classe de inércia térmica forte, devido à contribuição da

capacidade dos elementos de construção interiores da moradia em acumular calor, quando comparada com outras classes de inércia térmica.

O envidraçado com o melhor desempenho energético, para esta estação de inverno, ou seja o que apresenta menores necessidades de aquecimento é o vidro duplo low-e (9) ($Nic_{fraca}=13.86$ kWh/m².ano; $Nic_{média}=13.72$ kWh/m².ano; $Nic_{forte}=13.20$ kWh/m².ano). Este vidro denominado por SGG ClimaPlus, caracteriza-se por diminuir significativamente as necessidades de aquecimento por radiação através do vidro e reduzir riscos de condensação no vidro interior, por ser uma solução constituída por um vidro Low-e, sendo também considerado o mais benéfico em termos de ganhos e perdas térmicas, conforme analisado no Figura 25 e Quadro 19. É de salientar, que a aplicação desta solução envidraçada apresenta uma redução na ordem dos 5% quando aplicada à moradia com uma inércia térmica forte em relação à inércia térmica fraca e apenas uma redução de 1% para uma inércia térmica média, devido à preponderância do envidraçado quando a envolvente opaca funciona como amortecedor de fluxos de calor.

A solução envidraçada (8), SGG Climalit, vidro duplo incolor tradicional, apresenta-se como a segunda melhor solução em termos de desempenho energético ($Nic_{fraca}=14.08$ kWh/m².ano; $Nic_{média}=13.94$ kWh/m².ano; $Nic_{forte}=13.42$ kWh/m².ano), contribuindo para a redução dos custos de aquecimento, a melhoria do conforto junto de superfícies envidraçadas e o elevado nível de transmissão luminosa, apesar de apresentar uma maior probabilidade de sobreaquecimento (apesar de muito diminuta nesta estação) quando comparada com a solução 9.

As soluções de envidraçado que apresentam os piores resultados no desempenho energético, na estação de aquecimento são o 7 e o 6, respetivamente, por serem estas as soluções que apresentam as maiores diferenças entre perdas e ganhos térmicos nesta estação como analisado anteriormente.

O envidraçado SGG Reflectasol (7), vidro simples reflectante, é aquele que apresenta as mais elevadas necessidades energéticas de aquecimento ($Nic_{fraca}=15.47$ kWh/m².ano; $Nic_{média}=15.35$ kWh/m².ano; $Nic_{forte}=14.83$ kWh/m².ano), relativamente a todas as soluções analisadas, por apresentar elevado coeficiente de transmissão térmica e moderado fator solar. O envidraçado SGG Parsol Green (6), vidro colorido na massa (verde), também apresenta elevadas necessidades energéticas de aquecimento ($Nic_{fraca}=15.37$ kWh/m².ano; $Nic_{média}=15.24$ kWh/m².ano; $Nic_{forte}=14.72$ kWh/m².ano), relativamente a todas as soluções analisadas, pelas mesmas razões do envidraçado 7.

Apesar dos vidros simples contribuírem para uma maior transmissão da radiação solar para o interior da moradia, estes também contribuem num aumento considerável das perdas térmicas pelos envidraçados, conduzindo assim num aumento das necessidades energéticas de aquecimento da moradia. As soluções de vidro simples quando aplicados à moradia com classe de inércia térmica fraca representam entre 50% - 75% e vidros duplos entre 25%-50% do valor máximo regulamentar. Quando aplicados à moradia com classe de inercia térmica média verifica-se uma maior utilização dos ganhos térmicos, e o mesmo se passa para a classe de inércia térmica forte. A moradia quando dispõe de uma classe de inércia térmica forte, apenas a solução envidraçada 7 representa cerca de 50%-75% do valor máximo regulamentar, por ter as maiores disparidades entre perdas e ganhos térmicos, implicando maiores necessidades de aquecimento.

Como conclusão podemos afirmar que uma moradia com classe de inercia térmica forte, contribui com um maior fator de utilização dos ganhos térmicos e que quando aplicadas soluções envidraçadas que se caracterizem por terem menores disparidades entre perdas e ganhos térmicos na estação de aquecimento (reduzido U_g e elevado $g_{\perp v}$), estas soluções apresentam as menores necessidades energéticas anuais de aquecimento.

A escolha da solução envidraçada, deverá ser tida em conta também com grande importância nas necessidades de arrefecimento, visto que se a escolha do envidraçado for feita apenas com base na estação de aquecimento, poderemos ter uma situação de sobreaquecimento no verão.

Analisadas a influência das soluções envidraçadas em estudo no inverno, na Figura 27 e Quadro 21, são apresentadas as perdas e ganhos térmicos das diferentes soluções envidraçadas em estudo durante a estação de arrefecimento.

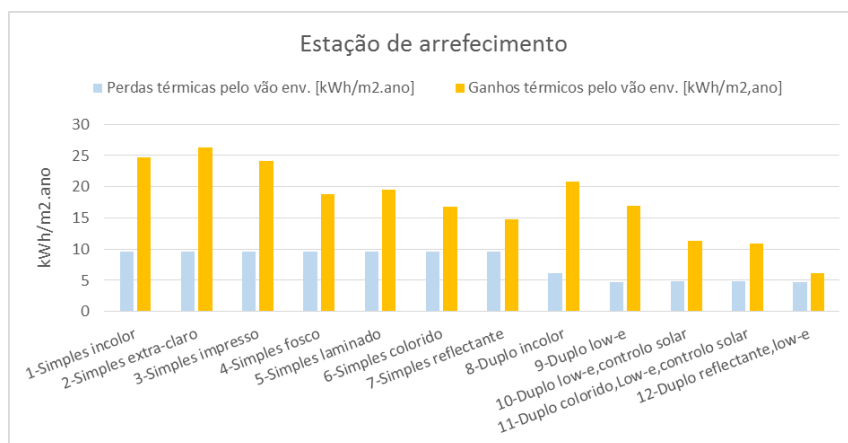


Figura 27 - Perdas e ganhos térmicos no verão

Quadro 21 - Perdas e ganhos térmicos no verão

Solução envidraçada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Perdas térmicas [kWh/m ² .ano]	9,544	9,544	9,544	9,661	9,544	9,544	9,544	6,149	4,682	4,799	4,799	4,682
Ganhos térmicos [kWh/m ² .ano]	24,767	26,241	24,177	18,870	19,460	16,806	14,742	20,834	16,945	11,389	10,834	6,111
Disparidade - ganhos e perdas térmicas	15,223	16,698	14,634	9,209	9,916	7,263	5,199	14,685	12,263	6,590	6,034	1,429

Durante a estação de arrefecimento importa controlar a quantidade de ganhos solares pelos envidraçados, por forma a diminuir as necessidades anuais de arrefecimento, e prevenir situações de sobreaquecimento. Pela análise da Figura 27 e Quadro 21, verifica-se que o vidro que apresenta menor diferenciação entre ganhos solares e perdas térmicas é a solução envidraçada 12 (vidro duplo refletante, low-e), por apresentar um reduzido coeficiente de transmissão térmica ($U_v=1.3 \text{ W/m}^2.\text{°C}$) e reduzida transmissão de energia solar ($g_{\perp v}=0.22$). Contudo esta solução apenas permite passar cerca de 13% da luz visível ($T_{vis}=0.13$) relativamente a todas as soluções analisadas. Por apresentar menor disparidade entre perdas e ganhos térmicos, contribui para uma maior estabilização da temperatura interior de conforto (25°C no verão).

A solução que apresenta maior disparidade entre ganhos solares e perdas térmicas é a solução envidraçada 2 (simples extra-claro), visto apresentar o maior fator solar ($g_{\perp v} = 0.89$) das soluções analisadas, possibilitando assim ganhos solares elevados, tornando-se assim como a pior solução, na estação de arrefecimento. Também possui um elevado coeficiente de transmissão térmica ($U = 5.7 \text{ W/m}^2.\text{°C}$) e uma elevada passagem da luz visível ($T_{vis}=0.91$). Seguidamente, surgem as soluções envidraçadas 1 (simples incolor tradicional) e 8 (duplo incolor tradicional), respetivamente, pelas mesmas razões da solução anterior, nomeadamente elevados fatores solares ($g_{\perp v} = 0.84$ e $g_{\perp v} = 0.75$), quando comparado com outras soluções, permitindo elevados ganhos solares, constatando-se que na estação de arrefecimento esta característica torna-se bastante desfavorável para o desempenho energético da moradia.

De forma a analisar a influência da classe de inércia térmica da moradia, com as soluções envidraçadas em análise, são apresentados na Figura 28 e Quadro 22 as necessidades anuais de arrefecimento, bem como o fator de utilização dos ganhos térmicos.

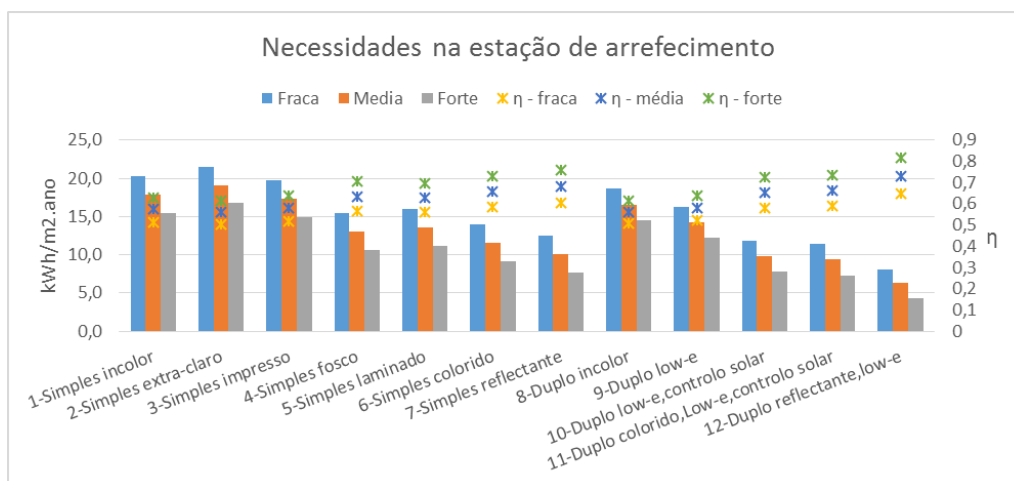


Figura 28 - Necessidades nominais de arrefecimento anuais em função da classe de inércia térmica e fator de utilização dos ganhos térmicos.

Quadro 22 - Necessidades nominais de arrefecimento anuais em função da classe de inércia térmica e fator de utilização dos ganhos térmicos.

Solução envidraçada		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Classe de inércia térmica	Fracas	Nvc	20,237	21,449	19,757	15,509	16,012	13,995	12,478	18,688	16,225	11,828	11,414	8,108
		η	0,515	0,503	0,520	0,567	0,560	0,585	0,606	0,505	0,521	0,583	0,589	0,648
	Médias	Nvc	17,813	19,036	17,330	13,081	13,589	11,601	10,125	16,562	14,214	9,832	9,426	6,263
		η	0,573	0,559	0,579	0,635	0,627	0,656	0,680	0,562	0,581	0,653	0,661	0,728
	Fortes	Nvc	15,459	16,735	14,956	10,563	11,092	9,079	7,613	14,528	12,242	7,733	7,326	4,276
		η	0,629	0,613	0,636	0,705	0,695	0,731	0,760	0,615	0,639	0,727	0,736	0,815
Nv [kWh/m ² .ano]		23,00												

A inércia térmica influi sobre o comportamento do edifício no Verão ao influenciar a capacidade do edifício em absorver os picos de temperatura. Um isolamento térmico adequado dos edifícios é um dos principais meios para minimizar as trocas de energia, reduzindo as necessidades energéticas de arrefecimento e reduzindo a probabilidade de ocorrência de risco de sobreaquecimento, contribuindo assim num aumento do conforto no interior dos espaços climatizados.

De acordo com o fator de utilização dos ganhos térmicos (η), analisado na Figura 28 e Quadro 22, verifica-se que a moradia com uma classe de inércia térmica fraca apresenta uma maior probabilidade de ocorrência de situações de sobreaquecimento no verão, quando comparada com as outras classes de inercia térmica, devido à sua incapacidade em acumular calor nos seus elementos de construção, tendo assim menor influência na capacidade em contrariar as variações de temperatura no seu interior.

Verifica-se também uma redução das necessidades nominais de arrefecimento, da moradia com uma classe de inércia térmica forte, quando comparada com as outras classes de inercia térmica, sendo por isso a melhor solução construtiva a adotar.

Ao analisarmos as soluções envidraçadas simples, e uma vez que na grande maioria destas soluções, estas caracterizam-se por possuírem um elevado coeficiente de transmissão térmica constante ($U_v = 5.7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), verifica-se que à medida que o fator solar diminui, esta traduz-se numa redução das necessidades energéticas de arrefecimento e numa menor probabilidade de ocorrência de sérios riscos de sobreaquecimento. Assim, o envidraçado SGG Diamant (2), vidro simples extra-claro, é aquele que apresenta as mais elevadas necessidades energéticas de arrefecimento ($N_{vc_{fraca}}=21.45 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$; $N_{vc_{media}}=19.04 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$; $N_{vc_{forte}}=16.74 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$), relativamente a todas as soluções analisadas.

Quanto às soluções envidraçadas duplas, estas caracterizam-se por possuírem um reduzido coeficiente de transmissão térmica, que apenas quando combinado com um reduzido fator solar, podem alcançar, reduzidas necessidades energéticas de arrefecimento bem como menor probabilidade de risco de sobreaquecimento no verão, como se pode constatar pela solução envidraçada 12 ($U_v = 1.3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, $g_{\perp v} = 0.22$). Assim, o único envidraçado em que não ocorrem sérios riscos de sobreaquecimento é a solução 12 (duplo relectante, low-e), desde que aplicado a uma inércia térmica forte ($\eta=0.83$ - fator de utilização dos ganhos térmicos), de acordo com o estipulado no RCCTE (2006), que indica que para valores de η inferiores a 0,8, estes conduzem a sérios riscos de sobreaquecimento, pelo que devem ser evitados. Desta análise se conclui que as restantes soluções envidraçadas necessitam de ser otimizadas com dispositivos de sombreamento/proteção solar, para evitar ter que se utilizar um envidraçado pouco comum e com custo de investimento elevado (ver análise económica no capítulo 8). Quanto ao desempenho energético ou seja as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento ($N_{vc_{fraca}}=8.11 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$; $N_{vc_{media}}=6.26 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$; $N_{vc_{forte}}=4.28 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$), é a solução 12 que apresenta melhor desempenho comparativamente às restantes soluções analisadas, sendo também considerado o mais benéfico em termos de ganhos e perdas de calor, conforme analisado na Figura 27.

Quando comparadas as soluções envidraçadas simples e duplas, observa-se que as soluções de vidro duplo, acarretam uma maior probabilidade de ocorrência de situações de sobreaquecimento, relativamente aos vidros simples, pelo facto de estas determinarem menores perdas térmicas e elevados ganhos solares, pelo que podemos afirmar, que é mais eficiente, a combinação de um mais elevado coeficiente de transmissão térmica, e reduzido fator solar do que um reduzido coeficiente de transmissão térmica e reduzido fator solar.

Como se pode constatar para a moradia com classe de inercia térmica forte, a solução envidraçada 7, tem $U_v=5.7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e $g_{\perp v} = 0.5$, enquanto que a solução 10, tem $U_v=1.4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e $g_{\perp v} = 0.41$, sendo a solução 7 mais eficiente que a solução 10, uma vez

que a solução 7 se traduz em menores necessidades energéticas de arrefecimento ($N_{vc}(7)=7.613 \text{ kWh/m}^2.\text{ano} < N_{vc}(10) = 7.733 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$), bem como numa menor probabilidade de ocorrência de uma situação de sobreaquecimento.

Importa referir que a combinação de um elevado coeficiente de transmissão térmica conjugado com um elevado fator solar, como é o caso da solução envidraçada 2, e moderado coeficiente de transmissão térmica e elevado fator solar como é o caso da solução 8, representam as soluções menos eficientes, em termos de ocorrência de sérios riscos de sobreaquecimento no verão, por apresentarem maior relação entre ganhos e perdas térmicas totais da moradia (Υ), implicando maiores riscos de sobreaquecimento (η). Contudo a solução 8 não representa a segunda pior solução em termos de necessidades energéticas de arrefecimento, uma vez que esta não é a solução que maiores ganhos solares apresenta.

Concluindo, para que uma solução de envidraçado contribua, para um bom desempenho energético da moradia, e para uma menor probabilidade de ocorrência de sérios riscos de sobreaquecimento, durante a estação de arrefecimento, deverá apresentar um reduzido fator solar, para diminuir os ganhos solares. Quando conjugado com um elevado fator de transmissão de luz visível, aumenta o conforto visual interior e reduz a fatura energética com iluminação artificial.

Concluídas as análises à influência das soluções de envidraçado para as estações de aquecimento e arrefecimento, importa analisar a influência destas no desempenho energético na moradia ao longo de todo o ano, ou seja quais as que apresentam as menores necessidades energéticas anuais de climatização, bem como os respetivos ganhos e perdas térmicas pelos envidraçados.

Assim recorreu-se à definição das necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}), proposta no RCCTE (2006), para cada solução envidraçada. As necessidades nominais de energia primária (N_{tc}), expressam a quantidade de energia primária correspondente às somas ponderadas das necessidades nominais de aquecimento (N_{ic}), de arrefecimento (N_{vc}) e de preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac}), com recurso à seguinte equação (22):

$$N_{tc} = 0.1 * \frac{N_{ic}}{\eta_i} * F_{pui} + 0.1 * \frac{N_{vc}}{\eta_v} * F_{puv} + N_{ac} * F_{pua} \quad [kgep/m^2.\text{ano}] \quad (22)$$

Onde:

N_{tc} - Necessidades nominais globais de energia primária ($kgep/m^2.\text{ano}$);

N_{ic} - Necessidades nominais de aquecimento ($kWh/m^2.\text{ano}$);

N_{vc} - Necessidades nominais de arrefecimento ($kWh/m^2.\text{ano}$);

N_{ac} - Necessidades nominais de preparação de águas quentes sanitárias ($kWh/m^2.\text{ano}$);

F_{pui} - Fator conservação energia útil em energia primária na estação de aquecimento (kgep/kWh);
 F_{puv} - Fator conservação energia útil em energia primária na estação de arrefecimento (kgep/kWh);
 F_{pua} - Fator de conservação de energia útil em energia primária na preparação de AQS (kgep/kWh);
 η_i - Eficiência nominal do equipamento de aquecimento;
 η_v - Eficiência nominal do equipamento de arrefecimento;

Assim, sempre que se mencionar o valor de N_{tc} ao longo do estudo, este engloba os sistemas de aquecimento e arrefecimento ambiente sugeridos pelo RCCTE para situações de projeto térmico de edifícios em que estes não estejam especificados, nomeadamente, uma resistência elétrica com eficiência nominal igual a um ($\eta_i=1$) para o sistema de aquecimento e uma máquina frigorífica com eficiência nominal COP igual a três ($\eta_v=3$) para o sistema de arrefecimento, e como sistema de preparação de AQS, considerou-se um esquentador a gás Vulcano ($\eta_{AQS}=0.9$). Como os equipamentos de aquecimento e arrefecimento, funcionam ambos a eletricidade e o equipamento de AQS funciona a gás, os fatores de conversão entre energia útil e energia primária, F_{pui} , F_{puv} e F_{pua} , respetivamente, tomam o valor igual a 0.290 kgep/KWh (aquecimento e arrefecimento) e 0.086 kgep/KWh (RCCTE, 2006).

Na Figura 29 são apresentadas os ganhos e perdas térmicas anuais e no Quadro 23 as necessidades nominais globais de energia primária para cada solução de envidraçado, em função da classe de inércia térmica da moradia, respetivamente.

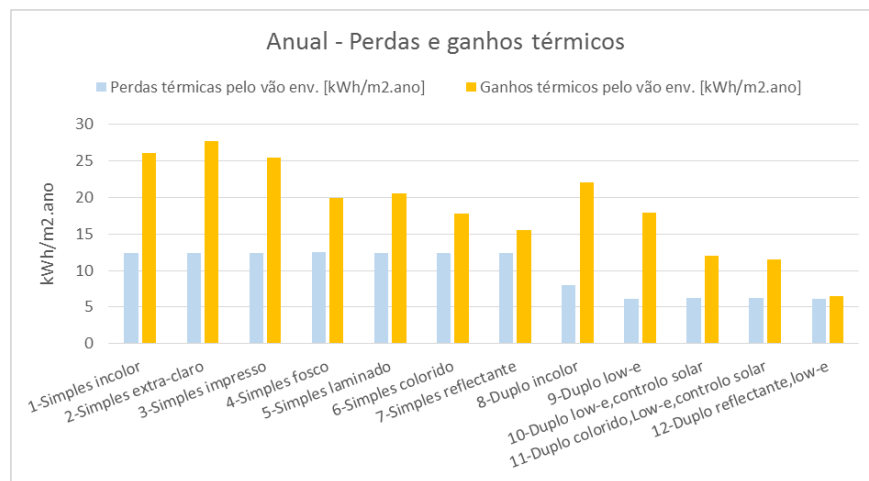


Figura 29 - Perdas e ganhos de calor anual

Considerando que o fator solar é responsável pela passagem da energia solar para o interior da moradia, ou seja é o parâmetro do envidraçado com maior influência no desempenho energético da moradia em estudo, e uma vez que durante a estação de arrefecimento é essencial controlar a entrada de calor pelo facto de ser esta a estação mais condicionante em termos de ocorrência de sobreaquecimento, para este caso de estudo, um fator solar reduzido irá conduzir a menores necessidades energéticas anuais de climatização.

No entanto, é igualmente importante que o coeficiente de transmissão térmica (U) seja reduzido de modo a permitir a redução das perdas de calor no inverno. Por isso, podemos concluir que as melhores soluções são aquelas que apresentam simultaneamente reduzidos ganhos solares e perdas térmicas, ou seja reduzido fator solar ($g_{\perp v}$) conjugado com reduzido coeficiente de transmissão térmica (U).

Assim, ao analisarmos a Figura 29, constata-se que as soluções envidraçadas 12, 7 e 11 são as soluções que oferecem menores disparidades anuais entre ganhos solares e perdas térmicas. Estas soluções são também as que apresentam as menores disparidades na estação de arrefecimento, bem como as soluções envidraçadas 2, 8 e 1, as que apresentam piores desempenhos entre ganhos solares e perdas térmicas na estação de arrefecimento e anual.

Face à análise destas figuras e das anteriores, podemos concluir que a estação mais condicionante em termos de trocas de calor pelos envidraçados, face ao local de implantação da moradia em estudo, é a estação de arrefecimento, uma vez que os vidros que apresentam os melhores e piores desempenhos são precisamente os mesmos que apresentam as menores disparidades entre ganhos solares e perdas térmicas. De constatar que a severidade da estação de inverno no local de implantação desta moradia (Zona climática II; $G_d=146$ °C.dias), quando comparada com a capital (Zona climática II; $G_d=1190$ °C.dias) é muito menos severa.

Quadro 23 - Necessidades nominais de globais anuais de energia primária em função da classe de inércia térmica e classe energética.

Vidros	Classe de inércia térmica						Nt [kgep/ m ² .ano]
	Frac		Media		Forte		
	Ntc [kgep/ m ² .ano]	Classe energét ica	Ntc [kgep/ m ² .ano]	Classe energét ica	Ntc [kgep/ m ² .ano]	Classe energét ica	
1-Simples incolor	3,222	B	3,194	B	3,156	B	6,141
2-Simples extra-claro	3,231	B	3,204	B	3,166	B	
3-Simples impresso	3,218	B	3,190	B	3,152	B	
4-Simples fosco	3,186	B	3,158	B	3,119	B	
5-Simples laminado	3,189	B	3,161	B	3,122	B	
6-Simples colorido	3,173	B	3,146	B	3,107	B	
7-Simples reflectante	3,162	B	3,135	B	3,096	B	
8-Duplo incolor	3,181	B	3,157	B	3,122	B	
9-Duplo low-e	3,151	B	3,128	B	3,094	B	
10-Duplo low-e,controlo solar	3,118	B	3,095	B	3,060	A	
11-Duplo colorido,Low-e,controlo solar	3,115	B	3,092	B	3,057	A	
12-Duplo reflectante,low-e	3,090	B	3,069	A	3,035	A	

Calculados os valores das necessidades nominais globais de energia primária (N_{tc}), para as diferentes soluções envidraçadas em estudo, verifica-se que as soluções que apresentam o melhor desempenho energético anual, são as soluções 12, 11 e 10 respetivamente, para todas as classes de inércia térmica, bem como as que apresentam o melhor desempenho energético durante a estação de arrefecimento. Uma vez que o valor das necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (N_{tc}), tem influência com os equipamentos e eficiência de climatização, todas as soluções envidraçadas em análise, verificam o cumprimento regulamentar máximo $N_t = 6.14 \text{ kgep/m}^2\text{.ano}$, imposto pelo artigo 15º do RCCTE. Estas soluções quando aplicadas a uma classe de inércia térmica forte, representam cerca de 25% - 50% do valor máximo regulamentar, bem como classificam a moradia com eficiência energética A, traduzindo-se em menores gastos energéticos anuais. Quanto às restantes soluções, independentemente da classe de inércia térmica da moradia, todas as soluções representam cerca de 50% - 75% do valor máximo regulamentar, classificando a moradia com classe energética B, à exceção da utilização da solução envidraçada 12 quando utilizada com uma moradia com classe de inércia térmica média.

Importa referir que todos os vãos envidraçados representam mais de 5% da área útil do espaço que servem, logo apenas as soluções envidraçadas 12, 11 e 10, quando aplicadas à moradia com classe de inércia térmica média e forte, não apresentam necessidade de utilização de dispositivos de proteção solar/oclusão noturna, por apresentarem como característica um fator solar inferior ao máximo regulamentar de 0.56, definido no quadro IX.2, do anexo IX do RCCTE. Contudo apenas a solução envidraçada 12, quando utilizada na moradia com classe de inércia térmica forte, não apresenta sérios riscos de ocorrência de sobreaquecimento no verão, tendo as soluções 11 e 10 de ser otimizadas com recurso a dispositivos de sombreamento ou oclusão noturna.

Relativamente às soluções envidraçadas com pior desempenho energético destacam-se as soluções de envidraçado 2, 1 e 3 respetivamente, por apresentarem maiores necessidades nominais globais de energia primária de climatização. De igual modo, os envidraçados que apresentavam o pior desempenho energético durante a estação de arrefecimento, ou seja, os vidros simples (2, 1 e 3), são agora, numa análise anual as que também revelam pior desempenho, sublinhando o carácter dominante da estação de arrefecimento, na análise da influência dos envidraçados no desempenho térmico dos edifícios em Portugal.

Importa referir que das classes de inércia térmica, aquela que oferece menores necessidades energéticas de climatização para as soluções envidraçadas estudadas é a classe de inércia térmica forte, pelo que se optou por utilizar como parâmetro de base aos restantes estudos para a moradia em estudo, a classe de inércia térmica forte.

Para concluir, podemos constatar através da análise das figuras anteriores, que a estação de arrefecimento é a estação mais condicionante para o desempenho energético anual da moradia em estudo, atendendo que se verifica que as soluções envidraçadas que apresentam os melhores e piores desempenhos energéticos nesta estação são justamente as mesmas que apresentam os melhores e piores desempenhos energéticos globais, respetivamente. Para a moradia em estudo, conclui-se então que uma solução de envidraçado que apresente um bom desempenho na estação de arrefecimento, terá maior probabilidade de ter um bom desempenho ao longo do ano, bem como uma melhor classificação energética.

5.5 - Influência da área de envidraçado

Neste ponto do estudo, pretende-se analisar qual a influência que as respetivas áreas de envidraçado têm no desempenho energético da moradia. Para isso foram realizadas, várias simulações de percentagens, de 5%, 7.5%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50% de área de envidraçados relativamente à área de pavimento. É de referir que com o aumento da área de envidraçados, a área correspondente à envolvente exterior opaca, irá diminuir e vice-versa.

O aumento da área de envidraçado, é afetada pelos vários vãos envidraçados, existentes nas várias fachadas, de acordo com as respetivas percentagens. Importa referir também que a área total de envidraçado da moradia inicial, corresponde a 10% da área útil de pavimento, tendo $R_{ph} = 0.95 \text{ h}^{-1}$, e que a partir da simulação de percentagem de 20% da área útil de pavimento o R_{ph} toma o valor de 1.05 h^{-1} , implicando mais perdas da moradia por renovação do ar. Esta alteração ocorre porque o RCCTE impõe que quando se verificam áreas de vãos envidraçados superiores a 15% da área útil de pavimento, os valores de R_{ph} referentes ao quadro IV.I do RCCTE, devem sofrer um agravamento de 0.10, de acordo com o ponto 3.2.1, anexo IV, do RCCTE. Esta análise será feita para a estação de aquecimento, arrefecimento e anual, por forma a ser mais perceptível o seu impacto.

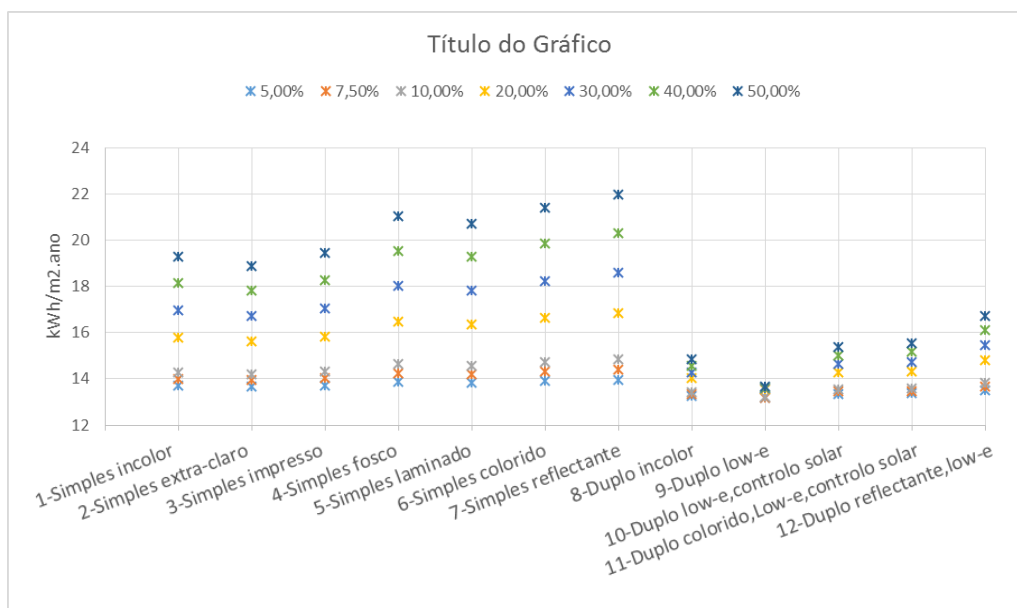


Figura 30 - Percentagem de área de envidraçado, em relação à área útil de pavimento, na estação de aquecimento.

Quadro 24 - Percentagem de área de envidraçado, em relação à área útil de pavimento, na estação de aquecimento.

Inverno															Ni
Vidros	Área de envidraçado/Área útil de pavimento														
	5,00%		7,50%		10,00%		20,00%		30,00%		40,00%		50,00%		
	Nic	η	Nic	η	Nic	η	Nic	η	Nic	η	Nic	η	Nic	η	
1	13,702	1,000	13,996	1,000	14,290	1,000	15,785	0,999	16,962	0,999	18,142	0,998	19,291	0,997	
2	13,662	1,000	13,936	1,000	14,210	1,000	15,626	0,999	16,724	0,998	17,827	0,997	18,902	0,996	
3	13,718	1,000	14,020	1,000	14,322	1,000	15,848	0,999	17,057	0,999	18,268	0,998	19,447	0,997	
4	13,879	1,000	14,261	1,000	14,644	1,000	16,492	1,000	18,020	0,999	19,548	0,999	21,034	0,999	
5	13,846	1,000	14,211	1,000	14,577	1,000	16,358	1,000	17,819	0,999	19,281	0,999	20,702	0,998	
6	13,918	1,000	14,319	1,000	14,721	1,000	16,645	1,000	18,249	1,000	19,853	0,999	21,412	0,999	
7	13,974	1,000	14,402	1,000	14,833	1,000	16,868	1,000	18,583	1,000	20,299	1,000	21,965	0,999	
8	13,274	1,000	13,346	1,000	13,418	1,000	14,022	0,999	14,302	0,998	14,578	0,997	14,868	0,995	
9	13,177	1,000	13,192	1,000	13,203	1,000	13,559	0,999	13,591	0,999	13,625	0,997	13,655	0,996	
10	13,354	1,000	13,458	1,000	13,557	1,000	14,266	1,000	14,650	1,000	15,033	0,999	15,396	0,999	
11	13,370	1,000	13,482	1,000	13,589	1,000	14,330	1,000	14,746	1,000	15,160	0,999	15,554	0,999	
12	13,488	1,000	13,659	1,000	13,825	1,000	14,802	1,000	15,454	1,000	16,103	1,000	16,725	1,000	

Da análise da Figura 30 e Quadro 24, podemos verificar que, quanto maior forem as áreas envidraçadas, maiores serão as necessidades energéticas de aquecimento da moradia, ou seja maiores serão as perdas e ganhos térmicos das soluções envidraçadas em análise, tal como se verifica uma redução do fator de utilização dos ganhos solares, embora residual. Importa referir que como analisado anteriormente, a solução envidraçada 9, é a melhor solução para esta estação, e à medida que se aumenta a área de envidraçado esta é a solução envidraçada que representa os menores aumentos de necessidades de aquecimento nas

seguintes percentagens, 0.11%, 0.08%; 2.63%, 0.25%, 0.24%, 0.22%, respetivamente. Esta solução apresenta as menores variações de N_{ic} , quando se contempla uma variação das áreas na estação de aquecimento, uma vez que se caracteriza por ter o mais reduzido coeficiente de transmissão térmica ($U_v=1,3\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$) e ($g_{\perp v}=0,61$) das soluções envidraçadas em análise, sendo que nesta estação importa reduzir ao máximo as perdas térmicas e potenciar ao máximo os ganhos solares. Numa estação com um clima de inverno severo, esta seria a melhor solução quando a moradia se caracterizar por grandes áreas envidraçadas. Quando comparada com a pior solução envidraçada 7, esta implica os maiores aumentos em termos de necessidades energéticas de aquecimento nas seguintes percentagens 2.98%, 2.90%, 12.07%; 9.23%, 8.45% e 7.59 %, respetivamente, uma vez que esta solução se caracteriza por ter um elevado coeficiente de transmissão térmica ($U_v=5.7\text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$) e fator solar ($g_{\perp v}=0.5$) das soluções envidraçadas em análise, pelas mesmas razões. Num local em que o clima de inverno fosse mais severo, esta seria a pior solução, para uma moradia se caracterizada por grandes áreas envidraçadas. Embora o aumento das áreas envidraçadas implique um aumento das necessidades energéticas de arrefecimento, verifica-se que estas tendem a ter um menor acréscimo em termos percentuais à medida que as áreas envidraçadas aumentam.

De referir que quando se aumenta de 10% (A_{env}/A_{up}) para 20 % (A_{env}/A_{up}), verifica-se nos dois casos um maior aumento em termos de percentagem, das necessidades energéticas de arrefecimento, uma vez que a moradia terá maiores perdas por renovação do ar. Para áreas de envidraçado inferiores a 10% da área útil de pavimento, os valores de N_{ic} das soluções envidraçadas, representam cerca de 25% - 50% do N_i em todas os vidros com exceção do vidro 7 que quando utilizado a 10% (A_{env}/A_{up}) o valor de N_{ic} corresponde a cerca de 50% - 75% do N_i . Para áreas de envidraçado superior a 10% da área útil de pavimento, constata-se que a grande maioria das soluções envidraçadas, passam a representar cerca de 50% - 75% do N_i , por que para além de aumentar também os ganhos solares, aumentam também as perdas térmicas.

Para a análise da influência da área de envidraçados nas necessidades nominais de energia útil para arrefecimento, adotou-se o mesmo procedimento utilizado para a estação de aquecimento, cujos resultados são apresentados na Figura 31 e Quadro 25.

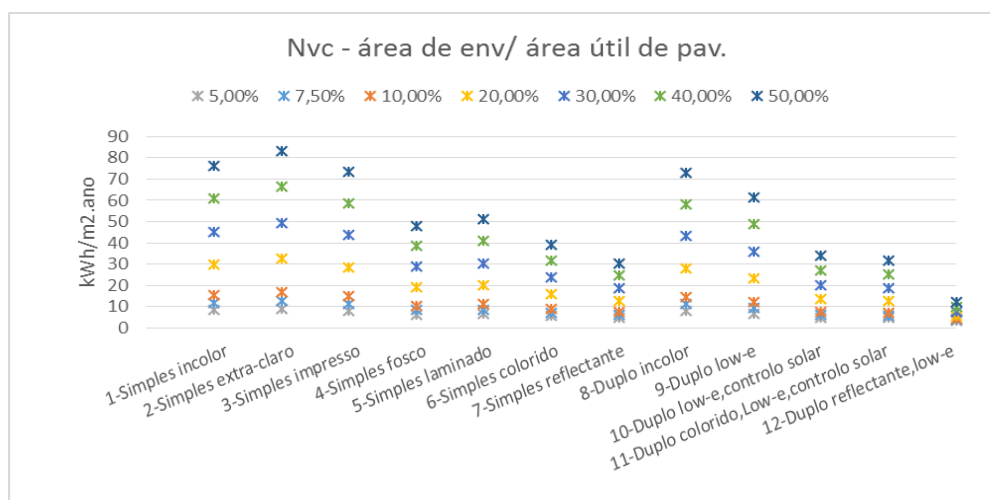


Figura 31 - Percentagem de área de envidraçado, em relação à área útil de pavimento, na estação de arrefecimento.

Quadro 25 - Percentagem de área de envidraçado, em relação à área útil de pavimento, na estação de arrefecimento.

Verão															Nv
Área de envidraçado/Área útil de pavimento															
Vidros	5,00%		7,50%		10,00%		20,00%		30,00%		40,00%		50,00%		
	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	
1	8,380	0,717	11,833	0,668	15,459	0,629	29,731	0,549	45,251	0,497	60,923	0,466	76,203	0,446	23,00
2	8,941	0,705	12,744	0,653	16,735	0,613	32,462	0,528	49,463	0,476	66,608	0,445	83,315	0,425	
3	8,159	0,722	11,473	0,674	14,956	0,636	28,649	0,557	43,579	0,506	58,662	0,475	73,372	0,455	
4	6,239	0,766	8,350	0,733	10,563	0,705	19,118	0,646	28,708	0,603	38,451	0,576	47,982	0,557	
5	6,468	0,760	8,724	0,725	11,092	0,695	20,281	0,633	30,544	0,588	40,965	0,559	51,155	0,540	
6	5,585	0,782	7,293	0,754	9,079	0,731	15,888	0,682	23,622	0,643	31,496	0,618	39,209	0,600	
7	4,935	0,799	6,249	0,778	7,613	0,760	12,697	0,723	18,561	0,691	24,538	0,669	30,399	0,654	
8	7,865	0,716	11,097	0,661	14,528	0,615	28,141	0,515	43,133	0,449	58,328	0,408	73,105	0,381	
9	6,817	0,735	9,431	0,683	12,242	0,639	23,435	0,533	36,039	0,459	48,857	0,411	61,412	0,378	
10	4,889	0,787	6,262	0,756	7,733	0,727	13,407	0,657	20,198	0,595	27,228	0,552	34,192	0,520	
11	4,713	0,792	5,976	0,763	7,326	0,736	12,496	0,671	18,732	0,612	25,201	0,569	31,619	0,538	
12	3,358	0,834	3,807	0,824	4,276	0,815	5,778	0,798	7,815	0,771	9,936	0,749	12,064	0,732	

Ao observar-se a Figura 31 e Quadro 25, verifica-se, que as necessidades nominais de arrefecimento aumentam à medida que se aumenta as áreas envidraçadas, ou seja, maiores serão os ganhos, bem como maior será a probabilidade de ocorrência de sobreaquecimento no verão.

A solução envidraçada 12, é a solução que apresenta as menores variações de Nvc, quando se contempla uma variação das áreas na estação de arrefecimento, uma vez que se caracteriza por ter reduzido coeficiente de transmissão térmica ($U_v=1,3W/m^2.°C$) e o mais reduzido fator solar ($g_{\perp v}=0,22$) das soluções envidraçadas em análise, sendo que nesta estação importa reduzir ao máximo os ganhos solares. Para superfícies de envidraçado

superior a 20% (A_{env}/A_{up}), esta é a única solução com maiores probabilidades de verificação do valor regulamentar N_v , contudo terá de ser otimizado com dispositivos de sombreamento/oclusão noturna, uma vez que se verificam riscos de sobreaquecimento no verão. Esta solução envidraçada 12, representa os menores aumentos de necessidades de arrefecimento nas seguintes percentagens, 12%, 11%; 26%, 26%, 21%, e 18%, respetivamente.

Quando comparada com a pior solução envidraçada 2, esta implica os maiores aumentos em termos de necessidades energéticas de arrefecimento nas seguintes percentagens 30%, 24%, 48%; 34%, 26% e 20%, respetivamente, uma vez que esta solução se caracteriza por ter o maior coeficiente de transmissão térmica ($U_v=5.7 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$) e elevado fator solar ($g_{\perp v}=0.89$) entre todas as soluções envidraçadas em análise. Nesta estação importa reduzir ao máximo os ganhos solares, para que não ocorram situações de risco de sobreaquecimento.

Ao analisarmos o acréscimo das necessidades energéticas de arrefecimento, com o aumento das percentagens das áreas envidraçadas, verifica-se que nos dois casos referidos este aumento tende a diminuir em percentagem, quanto maior forem as áreas de envidraçado em relação à área útil de pavimento.

Soluções envidraçadas com elevado fator solar, têm menor probabilidade em cumprir as necessidades máximas regulamentares, bem como apresentam os maiores riscos de ocorrência de situações de sobreaquecimento.

De referir ainda que quando se aumenta de 10% (A_{env}/A_{up}) para 20% (A_{env}/A_{up}), verifica-se um aumento em termos de percentagem, das necessidades energéticas de arrefecimento, uma vez que a moradia terá maiores perdas por renovação do ar, de acordo com o definido no RCCTE tal como indicado antes para as necessidades de aquecimento.

Independentemente da área da superfície envidraçada, todas as soluções de envidraçado terão de ser otimizadas com dispositivos de sombreamento/oclusão noturna, para que não haja o risco de sobreaquecimento, nem que ultrapasse o valor máximo regulamentar das necessidades anuais de arrefecimento. A única exceção é a solução envidraçada 12 quando utilizada na moradia com A_{env}/A_{up} inferior a 10%.

Para a análise da influência da área de envidraçados nas necessidades nominais globais anuais de energia primária e respetiva classificação energética, são apresentados no Quadro 26 os seguintes resultados.

Quadro 26 - Necessidades nominais globais anuais de energia primária e classificação energética em função área envidraçada.

Vidros	Anual														Nt
	Aenv/Aup														
	5,00%		7,50%		10,00%		20,00%		30,00%		40,00%		50,00%		
Ntc	Classe energética	Ntc	Classe energética	Ntc	Classe energética	Ntc	Classe energética	Ntc	Classe energética	Ntc	Classe energética	Ntc	Classe energética		
1	3,071	B	3,113	B	3,156	B	3,337	B	3,522	B	3,707	B	3,888	B	6,141
2	3,075	B	3,120	B	3,166	B	3,359	B	3,555	B	3,753	B	3,946	B	
3	3,069	A	3,110	B	3,152	B	3,329	B	3,508	B	3,689	B	3,866	B	
4	3,055	A	3,087	B	3,119	B	3,255	B	3,392	B	3,531	B	3,666	B	
5	3,056	A	3,089	B	3,122	B	3,263	B	3,404	B	3,547	B	3,687	B	
6	3,050	A	3,078	B	3,107	B	3,229	B	3,350	B	3,473	B	3,592	B	
7	3,045	A	3,070	A	3,096	B	3,204	B	3,311	B	3,418	B	3,523	B	
8	3,053	A	3,087	B	3,122	B	3,271	B	3,424	B	3,579	B	3,730	B	
9	3,040	A	3,066	A	3,094	B	3,212	B	3,335	B	3,460	B	3,582	B	
10	3,027	A	3,043	A	3,060	A	3,136	B	3,212	B	3,291	B	3,369	B	
11	3,026	A	3,041	A	3,057	A	3,129	B	3,201	B	3,276	B	3,349	B	
12	3,016	A	3,025	A	3,035	A	3,077	B	3,116	B	3,155	B	3,194	B	

Numa primeira análise, constata-se que quanto menor for a percentagem de área de envidraçado, em relação à área útil de pavimento, melhor será a classificação energética da moradia.

Todas as soluções de envidraçado verificam o máximo regulamentar Nt, contudo é necessário ter em atenção a verificação regulamentar das necessidades uteis na estação de arrefecimento, bem como o fator de utilização dos ganhos térmicos de forma a prevenir situações de sobreaquecimento. Independentemente do aumento das áreas envidraçadas, a melhor solução continua a ser a solução envidraçada 12 e a pior a solução envidraçada 2, se não tivermos em conta a análise económica (ver capítulo 6).

De realçar que as soluções envidraçadas 12, 11 e 10, apresentam os melhores desempenhos anuais, quando utilizadas numa percentagem de envidraçado inferior a 10% (Aenv/Aup).

5.6 - Orientação da moradia

Neste ponto do estudo, pretende-se analisar qual a influência que a orientação da moradia e respetivas soluções envidraçadas em análise poderão ter, para que se verifiquem os menores consumos energéticos na estação de aquecimento e arrefecimento, nas diferentes orientações ortogonais. Esta análise foi efetuada, fazendo uma rotação de 45° no sentido horário face à implantação inicial da moradia unifamiliar em estudo, localizada na R.A.M – Santa Cruz, à cota 40 m. Importa referir que inicialmente, as superfícies dos elementos exteriores opacos têm as seguintes distribuições consoante a orientação, Norte = 8,11 m²;

Este = 21,01 m²; Sul=16,89 m² e a Oeste=30,29 m². Quanto aos vãos envidraçados, estes têm a seguinte distribuição, a Norte=16%, a Este=31%, a Sul=31% e a Oeste = 22%, face à área total de vãos envidraçados presentes na moradia.

A orientação da moradia, pelas diferentes orientações ortogonais, tem influência na quantidade de energia solar que as superfícies exteriores, opacas e envidraçadas, da moradia absorvem e transmitem. Segundo o Quadro 27, obtido dos quadros III.9 e IV.4 definidos no RCCTE, verifica-se que para diferentes orientações poderemos ter diferentes capacidades de otimização dos ganhos solares.

Quadro 27 - Fator de orientação e intensidade da radiação solar, nas diferentes orientações ortogonais.

Octante							
Norte	Nordeste	Noroeste	Este	Oeste	Sudeste	Sudoeste	Sul
Estação de aquecimento - Fator de orientação							
0,27	0,33	0,33	0,56	0,56	0,84	0,84	1,00
Estação de arrefecimento - intensidade da radiação solar kWh/m²							
200	300	300	380	380	380	370	320

Para a estação de arrefecimento, foram obtidos os seguintes resultados, expostos no Quadro 28, que simulam a orientação da moradia consoante as soluções envidraçadas em análise.

Quadro 28 - Necessidades nominais de aquecimento e fator de utilização dos ganhos térmicos. face à orientação da moradia.

Vidros	Orient. Inicial		Rodar 45º		Rodar 90º		Rodar 135º		Rodar 180º		Rodar 225º		Rodar 270º		Rodar 315º	
	Nic	η	Nic	η	Nic	η	Nic	η	Nic	η	Nic	η	Nic	η	Nic	η
1	14,290	1,000	14,307	1,000	14,324	1,000	14,470	1,000	14,513	1,000	14,566	1,000	14,456	1,000	14,403	1,000
2	14,210	1,000	14,228	1,000	14,246	1,000	14,400	1,000	14,446	1,000	14,502	1,000	14,386	1,000	14,330	1,000
3	14,322	1,000	14,339	1,000	14,355	1,000	14,497	1,000	14,539	1,000	14,591	1,000	14,484	1,000	14,432	1,000
4	14,644	1,000	14,657	1,000	14,670	1,000	14,781	1,000	14,814	1,000	14,854	1,000	14,770	1,000	14,730	1,000
5	14,577	1,000	14,591	1,000	14,604	1,000	14,718	1,000	14,752	1,000	14,794	1,000	14,707	1,000	14,666	1,000
6	14,721	1,000	14,732	1,000	14,744	1,000	14,843	1,000	14,872	1,000	14,908	1,000	14,833	1,000	14,798	1,000
7	14,833	1,000	14,843	1,000	14,853	1,000	14,940	1,000	14,965	1,000	14,997	1,000	14,931	1,000	14,900	1,000
8	13,418	1,000	13,433	1,000	13,448	1,000	13,578	1,000	13,617	1,000	13,664	1,000	13,566	1,000	13,519	1,000
9	13,203	1,000	13,215	1,000	13,227	1,000	13,333	1,000	13,364	1,000	13,403	1,000	13,323	1,000	13,285	1,000
10	13,557	1,000	13,565	1,000	13,573	1,000	13,645	1,000	13,666	1,000	13,691	1,000	13,638	1,000	13,612	1,000
11	13,589	1,000	13,597	1,000	13,605	1,000	13,672	1,000	13,692	1,000	13,717	1,000	13,666	1,000	13,641	1,000
12	13,825	1,000	13,830	1,000	13,834	1,000	13,872	1,000	13,884	1,000	13,897	1,000	13,869	1,000	13,855	1,000

Da análise do Quadro 28, constata-se uma variação das necessidades nominais de aquecimento, consoante a orientação da moradia. De todas as orientações possíveis que a moradia podia ter, verifica-se que a orientação que apresenta menores necessidades de aquecimento é a orientação de implantação inicial da moradia, devido ao facto da distribuição percentual de envidraçados pelas diferentes orientações ser a mais favorável em

relação aos fatores de orientação, resultando em maiores ganhos solares, o que nesta estação é favorável.

Nesta estação, a orientação menos favorável, ou seja a que mais necessidades energéticas de aquecimento apresenta, é quando a moradia sofre uma rotação de 225° no sentido horário, face à orientação inicial da moradia, em que a fachada inicialmente orientada a sul, está agora orientada a nordeste. Esta é considerada a pior orientação, devido ao facto dos ganhos solares serem menores, quando comparados com as restantes orientações possíveis. Inicialmente os vãos envidraçados, com distribuição de Norte=16%, a Este=31%, a Sul=31% e a Oeste = 22%, tinham um fator de orientação associado a cada vão envidraçado de 0.27, 0.56, 1.00 e 0.56, respetivamente, passando agora para 0.84, 0.33, 0.33 e 0.84 respetivamente. Conclui-se que as maiores percentagens de vãos envidraçados, terão menores ganhos solares por estarem associados a um reduzido fator de orientação, enquanto que as menores percentagens de envidraçado passarem agora a ter um fator de orientação superior. No entanto, no global, os ganhos solares totais pelos vãos envidraçados serão menores.

Em todas as orientações analisadas, as soluções envidraçadas cumprem o máximo regulamentar das necessidades energéticas de aquecimento, uma vez que no local de implantação da moradia o número de graus dias ($GD=146^{\circ}\text{C.dias}$) é reduzido quando comparado com outras cotas de implantação na RAM.

Feita a análise para a estação de aquecimento, importa agora analisar na estação de arrefecimento, em geral mais penalizadora, qual a melhor orientação de que a moradia beneficiaria, para que apresente nesta estação, os menores valores das necessidades energéticas de arrefecimento, e os menores riscos de sobreaquecimento. O Quadro 29, mostra os resultados obtidos para a estação de arrefecimento, com a simulação da orientação.

Quadro 29 - Necessidades nominais de arrefecimento e fator de utilização dos ganhos térmicos, face à orientação da moradia.

Vidros	Orient. Inicial		Rodar 45°		Rodar 90°		Rodar 135°		Rodar 180°		Rodar 225°		Rodar 270°		Rodar 315°	
	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η
1	15,459	0,629	16,902	0,610	14,047	0,649	15,740	0,626	14,191	0,647	14,823	0,638	13,033	0,664	15,969	0,623
2	16,735	0,613	18,297	0,593	15,252	0,632	17,051	0,608	15,376	0,631	16,072	0,621	14,170	0,647	17,303	0,605
3	14,956	0,636	16,350	0,617	13,572	0,656	15,222	0,633	13,724	0,654	14,330	0,645	12,586	0,671	15,442	0,630
4	10,563	0,705	11,529	0,689	9,456	0,725	10,707	0,703	9,663	0,721	10,043	0,714	8,719	0,739	10,848	0,700
5	11,092	0,695	12,108	0,679	9,950	0,715	11,250	0,693	10,153	0,711	10,558	0,704	9,183	0,729	11,400	0,690
6	9,079	0,731	9,887	0,716	8,079	0,750	9,180	0,729	8,302	0,746	8,600	0,740	7,436	0,763	9,292	0,727
7	7,613	0,760	8,266	0,747	6,727	0,778	7,674	0,759	6,959	0,773	7,181	0,769	6,178	0,791	7,759	0,757
8	14,528	0,615	15,787	0,597	13,206	0,636	14,777	0,612	13,428	0,632	13,963	0,624	12,302	0,650	14,961	0,609
9	12,242	0,639	13,218	0,623	11,068	0,659	12,397	0,636	11,340	0,654	11,719	0,648	10,307	0,673	12,529	0,634
10	7,733	0,727	8,272	0,715	6,858	0,747	7,760	0,726	7,159	0,740	7,314	0,737	6,351	0,759	7,816	0,725
11	7,326	0,736	7,825	0,725	6,482	0,756	7,342	0,736	6,785	0,749	6,919	0,746	6,000	0,768	7,392	0,735
12	4,276	0,815	4,467	0,809	3,698	0,832	4,217	0,816	3,982	0,823	3,975	0,824	3,413	0,841	4,218	0,816

Da análise do Quadro 29, constata-se que as necessidades nominais de arrefecimento, bem como o fator de utilização dos ganhos térmicos, variam consoante a orientação da moradia.

A orientação em que a moradia apresenta menores necessidades de arrefecimento é quando a moradia sofre uma rotação de 270° no sentido horário face à orientação inicial, ou seja a fachada inicialmente orientada a Sul, estaria agora orientada a Este. Nesta estação, uma vez que os ganhos excessivos são considerados não úteis e por estes ganhos causarem situações de sobreaquecimento no interior da moradia, esta é considerada a melhor orientação, uma vez que se verificam a menor probabilidade de sobreaquecimento, e as menores necessidades de arrefecimento. Isto deve-se ao facto de inicialmente a orientação a Norte ter 8.11m² de superfície opaca e 1.89 m² de vãos envidraçados, a Este 21.01m² de superfície opaca e 3.77 m² de vãos envidraçados, a Sul 16.89m² de superfície opaca e 3.77 m² de vãos envidraçados e a Oeste 30.29m² de superfície opaca e 2.66 m² de vãos envidraçados, beneficiavam de uma intensidade da radiação solar associada a cada orientação de 200 kWh/m², 380 kWh/m², 320 kWh/m² e 380 kWh/m², respetivamente, alterando agora para 380 kWh/m², 200 kWh/m², 380 kWh/m² e 320 kWh/m², respetivamente, verificando-se uma redução da intensidade da radiação solar nas maiores superfícies, e um aumento nas menores, conduzindo a que a moradia apresente menores ganhos térmicos totais. Importa referir também que a utilização da solução envidraçada 12, permite uma redução de 20% do *Nvc* e a solução 2 uma redução de 15% do *Nvc*.

Nesta estação, a orientação menos favorável, ou seja a que mais necessidades energéticas de arrefecimento apresenta, é quando a moradia sofre uma rotação de 45° no sentido horário, face à orientação inicial da moradia, em que a fachada inicialmente orientada a sul, está agora orientada a sudoeste. Esta é considerada a pior orientação, devido ao facto dos ganhos solares serem mais elevados, quando comparado com as restantes orientações possíveis, o que nesta estação é desfavorável. Inicialmente a distribuição por orientação das superfícies a Norte era 8.11m² de superfície opaca e 1.89 m² de vãos envidraçados, a Este 21.01m² de superfície opaca e 3.77 m² de vãos envidraçados, a Sul 16.89m² de superfície opaca e 3.77 m² de vãos envidraçados e a Oeste 30.29 m² de superfície opaca e 2.66 m² de vãos envidraçados, detinham uma intensidade da radiação solar associada a cada orientação de 200 kWh/m², 380 kWh/m², 320 kWh/m² e 380 kWh/m², respetivamente, alterando-se agora para 300 kWh/m², 380 kWh/m², 370 kWh/m² e 300 kWh/m² respetivamente, implicando que a moradia beneficiasse de maiores ganhos térmicos totais.

Em todas as orientações analisadas, todas as soluções envidraçadas cumprem o valor máximo regulamentar das necessidades energéticas de arrefecimento, embora apenas a solução 12, seja a solução que não apresenta risco de sobreaquecimento no verão, pelo que as restantes soluções terão de ser melhoradas com dispositivos de sombreamento/proteção solar.

Feita a análise para a estação de aquecimento e arrefecimento, importa agora analisar qual o comportamento da moradia numa análise anual. O Quadro 30, mostra os resultados obtidos para as necessidades globais anuais nominais de energia primária e classificação energética, com a simulação das orientações da moradia.

Quadro 30 - Necessidades globais anuais nominais de energia primária, face à orientação da moradia.

Vidros	Orient. Inicial		Rodar 45º		Rodar 90º		Rodar 135º		Rodar 180º		Rodar 225º		Rodar 270º		Rodar 315º		Nt [kgep/m2.a no]
	Ntc	Clas. ener gétic	Ntc	Clas. ener gétic	Ntc	Clas. ener gétic	Ntc	Clas. ener gétic	Ntc	Clas. ener gétic	Ntc	Clas. ener gétic	Ntc	Clas. ener gétic	Ntc	Clas. ener gétic	
1	3,156	B	3,171	B	3,143	B	3,164	B	3,150	B	3,158	B	3,138	B	3,164	B	6,141
2	3,166	B	3,182	B	3,153	B	3,175	B	3,160	B	3,168	B	3,146	B	3,175	B	
3	3,152	B	3,166	B	3,140	B	3,160	B	3,147	B	3,154	B	3,134	B	3,160	B	
4	3,119	B	3,129	B	3,109	B	3,124	B	3,115	B	3,120	B	3,105	B	3,124	B	
5	3,122	B	3,132	B	3,112	B	3,128	B	3,118	B	3,123	B	3,108	B	3,128	B	
6	3,107	B	3,115	B	3,098	B	3,111	B	3,104	B	3,108	B	3,094	B	3,111	B	
7	3,096	B	3,103	B	3,088	B	3,100	B	3,094	B	3,097	B	3,085	B	3,099	B	
8	3,122	B	3,134	B	3,110	B	3,129	B	3,117	B	3,124	B	3,105	B	3,129	B	
9	3,094	B	3,103	B	3,083	B	3,099	B	3,089	B	3,094	B	3,078	B	3,099	B	
10	3,060	A	3,066	A	3,052	A	3,063	A	3,058	A	3,060	A	3,049	A	3,063	A	
11	3,057	A	3,062	A	3,049	A	3,060	A	3,055	A	3,057	A	3,047	A	3,059	A	
12	3,035	A	3,037	A	3,029	A	3,035	A	3,033	A	3,034	A	3,027	A	3,035	A	

Da análise do Quadro 30, não se verificam alterações a nível da classificação energética da moradia para as diferentes orientações. Podemos afirmar que a melhor orientação para a moradia, é quando esta sofre uma rotação de 270º, face à orientação inicial, que apesar de se verificar um aumento das necessidades energéticas de aquecimento, esta à a orientação que na estação de arrefecimento, menores necessidades energéticas de arrefecimento bem como menores riscos de sobreaquecimento no verão implicam.

De igual modo, conclui-se que as soluções envidraçadas 10, 11 e 12, para qualquer orientação simulada, são aquelas que apresentam melhores desempenhos energéticos, bem como uma classificação energética A.

5.7 - Influência dos dispositivos de sombreamento/oclusão noturna

As soluções envidraçadas em análise, à exceção do envidraçado 12, terão de ser otimizadas com dispositivos de sombreamento/oclusão noturna, para que não ocorram sérios riscos de sobreaquecimento na estação de verão.

Como referido anteriormente, no verão interessa controlar os ganhos solares, pelo que se torna importante que os vãos envidraçados sejam dotados de dispositivos de sombreamento eficazes. Durante o inverno, altura em que todos os ganhos solares são positivos, estes vãos servirão justamente para deixar entrar a radiação solar, porém, durante os meses mais quentes, estes vãos devem ser protegidos. Isto com o intuito de prevenir a moradia de situações de sobreaquecimento, numa altura em que a radiação solar não é favorável, uma vez que a radiação solar incidente durante todo o dia poderá saturar a capacidade de absorção e acumulação da massa térmica da moradia. Este risco de sobreaquecimento deve ser eliminado através da ventilação natural e de um sombreamento eficaz. Desta explicação depreende-se que o ideal será existir uma solução flexível que permita ambas as situações. Existe uma solução ideal, referida em estudos de Solar Passivo com árvores de folha caduca, cuja folhagem que serve de sombreamento no verão é perdida no inverno de forma natural.

Para analisar a influência da presença de meios de sombreamentos/oclusão noturna às soluções de envidraçado em estudo, e uma vez que no mercado existe uma multiplicidade de soluções, neste trabalho serão apenas consideradas as soluções mais comuns utilizadas na RAM para o setor residencial, nomeadamente:

- Dispositivos de proteção solar/oclusão noturna interior: Cortina interior opaca;
- Dispositivos de proteção solar/oclusão noturna exterior: Portada de lâmina metálica fixa; Persiana de réguas metálicas; Portada de madeira;
- Dispositivos de sombreamento: Pala horizontal fixa e móvel ($\alpha=35^\circ$); Pala horizontal e vertical fixas ($\alpha=35^\circ$; $\beta=35^\circ$);

Importa referir que na combinação da pala horizontal e vertical fixa, estas foram dispostas por vão envidraçado de forma mais eficiente e menos eficiente, ou seja, para um sombreamento mais eficiente considerou-se a utilização da pala vertical na orientação Este à esquerda e a Oeste à direita. Quanto à orientação Norte e Sul o posicionamento da pala vertical quer à esquerda quer à direita não tem qualquer diferenciação, segundo o RCCTE.

Quadro 31 - Influência dos dispositivos de sombreamento/occlusão noturna na estação de aquecimento.

Vidros	Sem Dispositivos de Proteção		Cortina interior opaca		Portada de lâminas fixas		Persiana de régua metálicas		Portada exterior de madeira		Pala horizontal fixa		Pala horizontal móvel		Pala horiz. e vert. (maior redução) fixa		Pala horiz. e vert. (menor redução) fixa		Ni [Kwh/m ² .ano]
	Nic [Kwh/]	η	Nic [Kwh/]	η	Nic [Kwh/]	η	Nic [Kwh/]	η	Nic [Kwh/]	η	Nic [Kwh/]	η	Nic [Kwh/]	η	Nic [Kwh/]	η	Nic [Kwh/]	η	
1	14,290	1,000	13,843	1,000	13,843	1,000	13,740	1,000	13,740	1,000	14,659	1,000	14,507	1,000	14,689	1,000	14,770	1,000	29,58
2	14,210	1,000	13,763	1,000	13,763	1,000	13,660	1,000	13,660	1,000	14,601	1,000	14,440	1,000	14,633	1,000	14,719	1,000	
3	14,322	1,000	13,875	1,000	13,875	1,000	13,772	1,000	13,772	1,000	14,682	1,000	14,534	1,000	14,711	1,000	14,791	1,000	
4	14,644	1,000	14,813	1,000	14,188	1,000	14,083	1,000	14,083	1,000	14,925	1,000	14,809	1,000	14,948	1,000	15,010	1,000	
5	14,577	1,000	14,775	1,000	14,130	1,000	14,027	1,000	14,027	1,000	14,867	1,000	14,748	1,000	14,891	1,000	14,955	1,000	
6	14,721	1,000	14,830	1,000	14,274	1,000	14,171	1,000	14,171	1,000	14,971	1,000	14,868	1,000	14,992	1,000	15,047	1,000	
7	14,833	1,000	14,874	1,000	14,385	1,000	14,282	1,000	14,282	1,000	15,052	1,000	14,962	1,000	15,070	1,000	15,119	1,000	
8	13,418	1,000	13,209	1,000	13,209	1,000	13,153	1,000	13,153	1,000	13,748	1,000	13,612	1,000	13,774	1,000	13,847	1,000	
9	13,203	1,000	13,568	1,000	13,074	1,000	13,038	1,000	13,038	1,000	13,471	1,000	13,360	1,000	13,492	1,000	13,552	1,000	
10	13,557	1,000	13,755	1,000	13,423	1,000	13,385	1,000	13,385	1,000	13,737	1,000	13,663	1,000	13,752	1,000	13,791	1,000	
11	13,589	1,000	13,770	1,000	13,455	1,000	13,417	1,000	13,417	1,000	13,760	1,000	13,690	1,000	13,774	1,000	13,812	1,000	
12	13,825	1,000	13,875	1,000	13,697	1,000	13,660	1,000	13,660	1,000	13,922	1,000	13,882	1,000	13,930	1,000	13,951	1,000	

Analisando o Quadro 31, podemos verificar que os dispositivos que mais reduzem as necessidades energéticas nesta estação, são os dispositivos de proteção solar/occlusão noturna. No inverno, os dispositivos de proteção solar/occlusão noturna móveis, normalmente encontram-se totalmente abertos durante o dia, não tendo influência na redução dos ganhos solares pelos envidraçados e nessas circunstâncias é considerado apenas o valor do fator solar do envidraçado. Estes dispositivos, irão também reduzir as perdas térmicas pelos vãos envidraçados e diferenciam-se pela estanquicidade ao ar que podem assegurar quando totalmente fechados, reduzindo assim as perdas térmicas pelos vãos envidraçados, o que nesta estação é benéfico. Destes dispositivos podemos afirmar que a utilização de persiana de régua metálicas e portada exterior de madeira, são os melhores dispositivos para as soluções envidraçadas em análise, uma vez que são os que mais limitam as perdas térmicas nestes, por serem os mais estanques em relação aos restantes, conduzindo assim a menores necessidades energéticas de aquecimento. Contudo a utilização destes dispositivos torna-se mais eficiente quando conjugados com uma solução envidraçada, que se caracterize por ter um elevado coeficiente de transmissão térmica, ou seja a solução 2 tem um $U_v=5.7W/m^2.°C$ quando conjugada com a persiana de régua metálicas terá uma redução do *Nic* na ordem dos 4%, enquanto que a solução envidraçada 12 que tem um $U_v=1.3W/m^2.°C$ terá apenas uma redução de 1%.

A utilização de cortina interior opaca, que normalmente permanece fechada durante o dia na estação de aquecimento, permite que ocorram menos perdas pelos vãos envidraçados, contudo como também permanecem fechadas, o fator solar do vão envidraçado diminui, reduzindo assim também os ganhos solares. Podemos observar que

quando utilizadas nas soluções envidraçadas com menor fator solar, a utilização da cortina interior opaca, aumenta as necessidades energéticas de aquecimento.

A utilização das palas quer sejam horizontais ou verticais, não tem influência na redução das perdas térmicas pelos vãos envidraçados, nem no fator solar dos mesmos. Contudo, como o seu objetivo é o sombreamento, estes irão reduzir a incidência da radiação solar na superfície dos vãos envidraçados, levando a que a moradia tenha menores ganhos térmicos totais, e por consequência se verifiquem as maiores necessidades energéticas e maiores necessidades de utilização de iluminação artificial devido a sombreamento indesejável nesta estação, quando comparada com os outros dispositivos em análise. A utilização da pala horizontal móvel, implica menores necessidades energéticas de aquecimento quando comparada com a fixa.

Concluída a análise da influência dos dispositivos na estação de aquecimento, importa analisar agora a sua influência na estação de arrefecimento.

Quadro 32 - Influência dos dispositivos de sombreamento/occlusão noturna na estação de arrefecimento.

Vidros	Sem Dispositivos de Proteção		Cortina interior opaca		Portada de lâminas fixas		Persiana de réguas metálicas		Portada exterior de madeira		Pala horizontal fixa		Pala horizontal móvel		Pala horiz. e vert. (maior redução) fixa		Pala horiz. e vert. (menor redução) fixa		Nv [Kwh/m ² .ano]
	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	Nvc	η	
1	15,459	0,629	7,975	0,744	5,405	0,802	5,055	0,809	4,935	0,812	11,121	0,695	12,993	0,665	10,175	0,711	10,328	0,708	23,00
2	16,735	0,613	8,584	0,731	5,783	0,792	5,395	0,800	5,264	0,803	12,042	0,680	14,070	0,649	11,014	0,697	11,180	0,694	
3	14,956	0,636	7,736	0,749	5,257	0,805	4,922	0,812	4,806	0,815	10,759	0,701	12,569	0,671	9,845	0,717	9,993	0,714	
4	10,563	0,705	5,678	0,795	3,980	0,839	3,773	0,844	3,693	0,846	7,632	0,760	8,887	0,735	7,003	0,773	7,104	0,771	
5	11,092	0,695	5,927	0,789	4,140	0,835	3,917	0,839	3,833	0,842	8,013	0,752	9,333	0,726	7,350	0,765	7,457	0,763	
6	9,079	0,731	5,000	0,812	3,569	0,851	3,401	0,854	3,333	0,857	6,603	0,781	7,661	0,759	6,074	0,793	6,159	0,791	
7	7,613	0,760	4,329	0,829	3,154	0,863	3,026	0,866	2,970	0,868	5,586	0,804	6,451	0,785	5,155	0,815	5,224	0,813	
8	14,528	0,615	8,905	0,707	5,098	0,796	4,937	0,799	4,819	0,802	10,801	0,676	12,416	0,648	9,980	0,691	10,114	0,689	
9	12,242	0,639	7,703	0,724	4,685	0,800	4,544	0,804	4,449	0,806	9,290	0,693	10,569	0,668	8,640	0,707	8,746	0,704	
10	7,733	0,727	5,170	0,787	3,432	0,839	3,363	0,841	3,308	0,842	6,020	0,768	6,758	0,750	5,647	0,777	5,707	0,776	
11	7,326	0,736	4,943	0,793	3,320	0,843	3,258	0,844	3,206	0,846	5,729	0,775	6,417	0,758	5,381	0,784	5,437	0,783	
12	4,276	0,815	3,241	0,845	2,474	0,872	2,456	0,872	2,430	0,873	3,552	0,837	3,864	0,827	3,393	0,842	3,418	0,841	

Da análise do Quadro 32, podemos verificar que os dispositivos mais eficientes, ou seja os que mais reduzem as necessidades energéticas de arrefecimento bem como os que apresentam menores probabilidade de ocorrência de situações de sobreaquecimento, são os dispositivos de proteção solar/occlusão noturna. No verão, os dispositivos de proteção solar/occlusão noturna móveis, são considerados como ativados a 70%, ou seja, o fator solar do vão envidraçado será igual a 30% do fator solar do vão sem qualquer proteção, mais 70% do fator solar do vão envidraçado com a proteção solar móvel completamente atuada: $g_v = 0,30 \times g_{\perp v}$ do vão sem proteção + $0,7 \times g_v$ do vão envidraçado com proteção solar móvel ativada a 100%. (RCCTE, anexo V, ponto 2.3). Estes dispositivos, irão também

reduzir as perdas térmicas pelos vãos envidraçados e ao contrário do inverno, irão reduzir os ganhos solares, reduzindo assim a probabilidade de ocorrência de situações de sobreaquecimento, e reduzindo também as necessidades energéticas de arrefecimento.

Quadro 33 - Influencia dos dispositivos de proteção solar/oclusão noturna no fator solar das soluções envidraçadas, na estação de arrefecimento.

Vidros	Sem Dispositivos de Proteção		Cortina interior opaca		Portada de lâminas fixas		Persiana de réguas metálicas		Portada exterior de madeira	
	g· verão	g· 100%	g· verão	g· 100%	g· verão	g· 100%	g· verão	g· 100%	g· verão	g· 100%
1	0,840	0,840	0,480	0,326	0,349	0,138	0,321	0,099	0,314	0,089
2	0,890	0,890	0,509	0,346	0,370	0,147	0,340	0,105	0,333	0,094
3	0,820	0,820	0,469	0,318	0,341	0,135	0,314	0,096	0,307	0,087
4	0,640	0,640	0,366	0,248	0,266	0,105	0,245	0,075	0,239	0,068
5	0,660	0,660	0,377	0,256	0,274	0,109	0,252	0,078	0,247	0,070
6	0,570	0,570	0,326	0,221	0,237	0,094	0,218	0,067	0,213	0,060
7	0,500	0,500	0,286	0,194	0,208	0,082	0,191	0,059	0,187	0,053
8	0,750	0,750	0,484	0,370	0,288	0,090	0,274	0,070	0,267	0,060
9	0,610	0,610	0,394	0,301	0,234	0,073	0,223	0,057	0,217	0,049
10	0,410	0,410	0,265	0,202	0,157	0,049	0,150	0,038	0,146	0,033
11	0,390	0,390	0,252	0,192	0,150	0,047	0,142	0,036	0,139	0,031
12	0,220	0,220	0,142	0,109	0,084	0,026	0,080	0,021	0,078	0,018

Destes dispositivos podemos afirmar que a utilização da portada exterior de madeira, é o dispositivo que mais otimiza as soluções envidraçadas em análise, uma vez que são os que mais limitam os ganhos solares pelos envidraçados, como podemos constatar pelo Quadro 33.

A utilização destes dispositivos torna-se mais eficiente quando conjugada com uma solução envidraçada que se caracterize por ter um elevado fator solar, ou seja a solução 2, que tem o maior fator solar ($g_{\perp v} = 0.89$) das soluções envidraçadas em análise, tendo uma redução de 68% e a solução 12, que tem o menor fator solar ($g_{\perp v} = 0.22$) das soluções envidraçadas em análise, tendo uma redução de 43%, quando não são utilizados dispositivos de proteção solar/oclusão noturna.

A utilização do dispositivo persiana de réguas metálicas, quando aplicado à solução envidraçada 8 (vidro duplo tradicional), conduz a sérios riscos de sobreaquecimento. Quando comparados a solução 8 e solução 1 (vidro simples tradicional), a solução 1 apresenta um fator solar superior ao do vidro 8. Deveriam assim ocorrer também situações de sérios riscos de sobreaquecimento nesta solução, o que contudo não acontece. Este facto deve-se a maiores perdas térmicas na solução 1, conduzindo a uma menor diferença entre ganhos e perdas térmicas.

A utilização da cortina opaca interior, reduz as necessidades energéticas de arrefecimento em todas as soluções envidraçadas em análise, assim como reduz também a probabilidade de ocorrência de situações de sobreaquecimento, contudo para esta moradia,

a utilização apenas deste dispositivo não é suficiente na prevenção de situações de sobreaquecimento na grande maioria das soluções.

Importa também referir, que a utilização de qualquer um destes dispositivos de proteção solar/oclusão noturna, conduz à conformidade com o fator solar máximo admissível, imposto pelo RCCTE, em todas as soluções envidraçadas, uma vez que em todos os vãos envidraçados da moradia ultrapassam os 5% da área útil do espaço que servem, desde que não orientado entre noroeste e nordeste verificam o fator solar com a proteção 100% ativa, quando a moradia tem uma classe de inércia térmica forte, como se pode constatar no Quadro 34. Ao contrário dos dispositivos de proteção solar/oclusão noturna, a utilização apenas dos dispositivos de sombreamento (palas), só verifica o fator solar máximo admissível, quando aplicado às soluções 10, 11 e 12, por estas já possuem um fator solar inferior ao máximo exigido pelo RCCTE.

A utilização das palas nesta estação, quer sejam horizontais quer verticais, não têm influência na redução das perdas térmicas pelos vãos envidraçados, nem no fator solar dos mesmos, contudo como o seu objetivo é o sombreamento, estes irão reduzir a incidência da intensidade da radiação solar na superfície dos vãos envidraçados, levando a que a moradia tenha menores ganhos térmicos totais.

Quadro 34 - Influência dos dispositivos de sombreamento/oclusão noturna, nas necessidades globais anuais nominais de energia primária.

Vidros	Sem Dispositivos de Proteção		Cortina interior opaca		Portada de lâminas fixas		Persiana de réguas metálicas		Portada exterior de madeira		Pala horizontal fixa		Pala horizontal móvel		Pala horiz. e vert. (maior redução) fixa		Pala horiz. e vert. (menor redução) fixa		Nt [kgep/m2.a no]
	Ntc	Class. Energ	Ntc	Class. Energ	Ntc	Class. Energ	Ntc	Class. Energ	Ntc	Class. Energ	Ntc	Class. Energ	Ntc	Class. Energ	Ntc	Class. Energ	Ntc	Class. Energ	
1	3,156	B	3,071	B	3,046	A	3,040	A	3,038	A	3,125	B	3,139	B	3,117	B	3,120	B	6,141
2	3,166	B	3,074	B	3,047	A	3,041	A	3,039	A	3,132	B	3,147	B	3,123	B	3,127	B	
3	3,152	B	3,069	A	3,045	A	3,039	A	3,038	A	3,122	B	3,135	B	3,114	B	3,118	B	
4	3,119	B	3,077	B	3,042	A	3,037	A	3,036	A	3,099	B	3,108	B	3,093	B	3,096	B	
5	3,122	B	3,078	B	3,042	A	3,037	A	3,036	A	3,101	B	3,110	B	3,095	B	3,098	B	
6	3,107	B	3,071	B	3,041	A	3,036	A	3,035	A	3,090	B	3,098	B	3,086	B	3,088	B	
7	3,096	B	3,065	A	3,040	A	3,036	A	3,035	A	3,083	B	3,089	B	3,079	B	3,081	B	
8	3,122	B	3,061	A	3,025	A	3,021	A	3,020	A	3,095	B	3,107	B	3,088	B	3,092	B	
9	3,094	B	3,060	A	3,017	A	3,014	A	3,013	A	3,073	B	3,082	B	3,067	A	3,070	A	
10	3,060	A	3,041	A	3,015	A	3,013	A	3,012	A	3,049	A	3,054	A	3,046	A	3,047	A	
11	3,057	A	3,039	A	3,015	A	3,013	A	3,012	A	3,047	A	3,051	A	3,044	A	3,045	A	
12	3,035	A	3,026	A	3,013	A	3,012	A	3,012	A	3,030	A	3,032	A	3,029	A	3,030	A	

Determinados os valores das necessidades nominais globais de energia primária (Ntc), para as diferentes soluções envidraçadas em estudo, otimizadas com dispositivos de proteção solar/oclusão noturna e dispositivos de sombreamento, seria de esperar que os dispositivos que fossem mais eficientes no verão, teriam agora mais influência na redução das necessidades nominais globais de energia primária, uma vez que a estação de arrefecimento é a mais condicionante. Importa referir que os dispositivos portada de lâminas

fixas, persiana de réguas metálicas e portada exterior de madeira, são os que conduzem a menores valores de N_{tc} , por reduzirem as perdas térmicas e não reduzirem o fator solar das respetivas soluções envidraçadas no inverno, e no verão limitam os ganhos solares, conduzindo a menor probabilidade de ocorrência de situações de sobreaquecimento.

Para concluir constata-se que os melhores dispositivos a utilizar, são os que promovem a proteção solar no verão e não restringem os ganhos solares no inverno, contribuindo assim, para a otimização e cumprimento das exigências regulamentares impostas pelo RCCTE.

5.8 - Alteração da cota de implantação da moradia na RAM.

Na Região Autónoma da Madeira, segundo o RCCTE, a severidade da estação de inverno, descrita pelo número médio de graus dias de aquecimento (GD), bem como a duração média da estação convencional de aquecimento (M) e a energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul (G_{sul}), é alterado em função da cota de implantação da moradia, sendo que a zona climática de inverno é I1 para locais situados até 800m de altitude, I2 para locais situados entre 800 m e 1100 m de altitude e I3 para locais situados acima de 1100 m de altitude. Quanto à estação de arrefecimento, a zona climática de verão mantém-se inalterada em função da cota de implantação da moradia, sendo V1, em toda a RAM. Por forma a simular a alteração da cota de implantação da moradia na RAM, e zona climática, foram considerados a zona de implantação inicial da moradia, o Santo da Serra, Ribeiro Frio e o Pico do Areeiro, diferenciando-se segundo o descrito no Quadro 35.

Quadro 35 - Característica dos locais de implantação na RAM.

Local	Cota de implantação	Zona Climática de Inverno	Número graus-dias(GD)	Duração da estação de aquecimento	Zona climática de Verão	Gsul (kWh/m ² .mês)
Santa Cruz	40m	I1	146,00	0,300	V1	100
Santo da Serra	685m	I1	1476,00	7,808	V1	100
Ribeiro Frio	860m	I2	1756,00	8,000	V1	80
Pico do Areeiro	1818m	I3	3288,80	8,000	V1	80

Posto isto, apenas será analisada a estação de aquecimento, uma vez que na estação de arrefecimento na RAM, não existem alterações.

Quadro 36 - Influência da alteração da cota de implantação da moradia na RAM, na estação de aquecimento.

Vidros	Santa Cruz			Santo da Serra			Ribeiro Frio			Pico do Areeiro		
	Cota 40m - V1;I1			Cota 685m - V1, I1			Cota 860m - V1, I2			Cota 1818m - V1, I3		
	Nic	η	Ni	Nic	η	Ni	Nic	η	Ni	Nic	η	Ni
1	14,290	1,000	29,58	109,788	0,993	71,53	146,867	0,997	80,35	319,919	1,000	128,67
2	14,210	1,000		107,787	0,991		145,187	0,997		318,218	1,000	
3	14,322	1,000		110,591	0,993		147,540	0,998		320,600	1,000	
4	14,644	1,000		118,229	0,996		154,036	0,999		327,517	1,000	
5	14,577	1,000		117,062	0,996		152,938	0,998		326,046	1,000	
6	14,721	1,000		120,733	0,997		155,983	0,999		329,111	1,000	
7	14,833	1,000		123,602	0,997		158,355	0,999		331,495	1,000	
8	13,418	1,000		103,228	0,993		137,712	0,997		300,107	1,000	
9	13,203	1,000		104,470	0,995		137,161	0,998		294,987	1,000	
10	13,557	1,000		112,983	0,997		144,348	0,999		302,587	1,000	
11	13,589	1,000		113,804	0,998		145,026	0,999		303,268	1,000	
12	13,825	1,000		120,458	0,999		150,377	1,000		308,268	1,000	

Da análise dos resultados obtidos no Quadro 36, verifica-se que as necessidades de arrefecimento aumentam consoante o aumento da cota de implantação da moradia, devido a um agravamento da severidade do clima nesta estação. Com o aumento da cota de implantação, implicando a alteração da zona climática, a energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul (G_{sul}) diminui, propiciando menores ganhos solares pelos vãos envidraçados, e o número médio de graus dias de aquecimento (GD) aumentam, favorecendo maiores perdas térmicas, o que nesta estação não é favorável. Para a moradia em estudo, com a alteração da implantação nas várias cotas, as soluções envidraçadas que se caracterizam por um elevado fator solar, apesar de diminuírem as necessidades energéticas de aquecimento, não são suficientes para o cumprimento do máximo regulamentar exigido (RCCTE), pelo que devem ser otimizadas com dispositivos de oclusão noturna, por forma a contribuírem para a redução das perdas térmicas pelos vãos envidraçados.

Por forma a analisar o impacto que o aumento das necessidades energéticas nominais na estação de arrefecimento representam numa análise anual, apresentam-se na Quadro 37, os resultados obtidos.

Quadro 37 - Influencia da alteração da cota de implantação da moradia na RAM, nas necessidades globais anuais nominais de energia primária.

Vidros	Santa Cruz			Santo da Serra			Ribeiro Frio			Pico do Areeiro		
	Cota 40m - V1;I1			Cota 685m - V1, I1			Cota 860m - V1, I2			Cota 1818m - V1, I3		
	Ntc	Class. Energ	Nt	Ntc	Class. Energ	Nt	Ntc	Class. Energ.	Nt	Ntc	Class. Energ	Nt
1	3,156	B	6,14	5,926	B -	6,52	7,001	C	6,60	12,019	D	7,03
2	3,166	B		5,880	B -		6,964	C		11,982	D	
3	3,152	B		5,944	B -		7,016	C		12,034	D	
4	3,119	B		6,123	B -		7,161	C		12,192	D	
5	3,122	B		6,094	B -		7,135	C		12,155	D	
6	3,107	B		6,181	B -		7,204	C		12,224	D	
7	3,096	B		6,250	B -		7,258	C		12,279	D	
8	3,122	B		5,726	B -		6,726	C		11,436	D	
9	3,094	B		5,740	B -		6,688	C		11,265	D	
10	3,060	A		5,944	B -		6,853	C		11,442	D	
11	3,057	A		5,963	B -		6,869	C		11,458	D	
12	3,035	A		6,127	B -		6,995	C		11,573	D	

Do Quadro 37, constata-se uma diminuição da classificação energética da moradia, em todas as soluções envidraçadas em análise, bem como um aumento das necessidades globais anuais nominais de energia primária. A partir da cota 860 m, em nenhuma das soluções envidraçadas, as necessidades globais anuais nominais de energia primária verificam o máximo regulamentar exigido. Podemos concluir pela análise dos resultados obtidos, que à medida que a cota de implantação da moradia na RAM aumenta, a severidade do clima na estação de inverno aumenta, também aumentando o valor de *Ntc*, e reduzindo a classe energética desta, dificultando assim o cumprimento disposto pelo RCCTE. Importa referir que a melhoria da classificação energética, com uma intervenção apenas ao nível das soluções envidraçadas é na prática muito difícil, na obtenção de melhorias significativas, apesar de ser extremamente importante ter em conta a importância deste elemento da envolvente, para o conforto térmico da moradia.

5.9 - Casos extremos em Portugal Continental

Considerando que o país se encontra dividido em três zonas climáticas de Inverno (I1, I2 e I3) e Verão (V1, V2 e V3), e dado a grande quantidade de concelhos existentes em Portugal Continental, analisou-se a implantação da moradia unifamiliar em estudo nos concelhos de Lisboa, Beja, Bragança e Pampilhosa da Serra, concelhos correspondentes a diferentes zonas climáticas contempladas no RCCTE, com particularidades descritas no Quadro 38, por forma a avaliar o desempenho energético das soluções envidraçadas em

análise. Como casos extremos, considerou-se uma evolução da zona climática de verão mantendo uma zona climática de inverno I1 para os concelhos de Lisboa e Beja, e mantendo uma zona climática de Inverno I3, fazendo alterar a zona climática de verão nos concelhos de Bragança e Pampilhosa da Serra.

Quadro 38 - Característica dos locais de implantação em Portugal Continental.

Local	Zona climática de Inverno	Número graus-dias(GD)	Duração da estação de aquecimento	Zona climática de Verão	Gsul (kWh/m ² .mês)
Santa Cruz	I1	146	0,300	V1	100
Lisboa	I1	1190	5,300	V2	108
Beja	I1	1290	5,700	V3	108
Bragança	I3	2850	8,000	V2	90
Pampilhosa da Serra	I3	2230	6,700	V3	90

Quadro 39 - Necessidades energéticas de aquecimento, em Portugal Continental.

Vidros	Santa Cruz			Lisboa			Beja			Bragança			Pampilhosa da serra		
	Cota 40m - V1;I1			I1, V2 (s.)			I1, V3 (s.)			I3, v2 (N)			I3, v3 (N)		
	Nic	η	Ni	Nic	η	Ni	Nic	η	Ni	Nic	η	Ni	Nic	η	Ni
1	14,290	1,000		93,777	0,995		102,000	0,995		266,783	0,999		205,714	0,999	
2	14,210	1,000		92,290	0,995		100,399	0,995		264,872	0,999		204,115	0,999	
3	14,322	1,000		94,373	0,996		102,641	0,996		267,548	1,000		206,354	0,999	
4	14,644	1,000		100,053	0,997		108,755	0,998		275,118	1,000		212,654	1,000	
5	14,577	1,000		99,166	0,997		107,798	0,997		273,669	1,000		211,478	1,000	
6	14,721	1,000	29,58	101,877	0,998	65,86	110,715	0,998	71,02	277,114	1,000	151,46	214,362	1,000	119,49
7	14,833	1,000		103,992	0,998		112,990	0,999		279,794	1,000		216,606	1,000	
8	13,418	1,000		88,225	0,995		95,958	0,996		250,406	0,999		193,089	0,999	
9	13,203	1,000		88,849	0,997		96,601	0,997		247,195	1,000		190,869	1,000	
10	13,557	1,000		95,160	0,999		103,393	0,999		255,535	1,000		197,814	1,000	
11	13,589	1,000		95,766	0,999		104,044	0,999		256,301	1,000		198,455	1,000	
12	13,825	1,000		100,636	0,999		109,280	0,999		262,129	1,000		203,373	1,000	

Da análise dos resultados obtidos no Quadro 39, verifica-se que o aumento do número de graus dias, implicam um clima mais severo, conduzindo a maiores necessidades energéticas de aquecimento, uma vez que a moradia terá maiores perdas térmicas quer pelos vãos envidraçados, quer pela envolvente opaca exterior. Todas as soluções envidraçadas terão de ser otimizadas com dispositivos que reduzam o U_{wdn} , sem que seja reduzido o fator solar do vão envidraçado, uma vez que as necessidades energéticas de aquecimento ultrapassam o máximo regulamentar, referente às zonas climáticas dos concelhos de Portugal Continental em análise. Verifica-se que Lisboa é o que apresenta as menores necessidades energéticas de arrefecimento, porque como descrito no Quadro 38, é o que tem o menor número de graus dias de aquecimento, menor duração da estação da estação de aquecimento e maior valor da energia solar média incidente orientada a sul, conduzindo

assim a menores necessidades energéticas nesta estação. Quando comparado com a implantação da moradia em Santa Cruz, verifica-se uma considerável redução das necessidades energéticas de arrefecimento pelas mesmas razões descritas anteriormente.

Assim podemos concluir que o zonamento climático influencia o desempenho térmico da moradia, uma vez que as necessidades energéticas de aquecimento aumentam, quando se passa do concelho de Lisboa para Beja, de Beja para Pampilhosa da Serra e de Pampilhosa da Serra para Bragança.

Analisada a influência das soluções envidraçadas, nas diferentes zonas climáticas de inverno, importa agora analisar o seu desempenho no verão, tendo como resultados o Quadro 40.

Quadro 40 - Necessidades energéticas de aquecimento, em Portugal Continental

Vidros	Santa Cruz			Lisboa			Beja			Bragança			Pampilhosa da serra		
	Cota 40m - V1;I1			I1, V2 (s.)			I1, V3 (s.)			I3, v2 (N)			I3, v3 (N)		
	Nvc	η	Nv	Nvc	η	Nv	Nvc	η	Nv	Nvc	η	Nv	Nvc	η	Nv
1	15,459	0,629	23,00	29,749	0,321	32,00	29,833	0,321	32,00	8,944	0,796	18,00	22,645	0,477	26,00
2	16,735	0,613		31,312	0,310		31,404	0,310		9,944	0,781		24,135	0,462	
3	14,956	0,636		29,124	0,326		29,206	0,325		8,557	0,802		22,051	0,484	
4	10,563	0,705		23,465	0,375		23,519	0,374		5,382	0,856		16,729	0,549	
5	11,092	0,695		24,141	0,367		24,198	0,367		5,747	0,849		17,374	0,540	
6	9,079	0,731		21,355	0,396		21,398	0,395		4,412	0,875		14,818	0,576	
7	7,613	0,760		19,199	0,420		19,232	0,420		3,505	0,894		12,883	0,607	
8	14,528	0,615		27,236	0,313		27,298	0,312		8,530	0,784		20,939	0,466	
9	12,242	0,639		23,828	0,328		23,870	0,328		6,891	0,805		17,995	0,487	
10	7,733	0,727		17,915	0,394		17,930	0,394		3,724	0,874		12,471	0,573	
11	7,326	0,736		17,333	0,401		17,345	0,401		3,468	0,880		11,944	0,583	
12	4,276	0,815		12,497	0,477		12,486	0,478		1,721	0,928		7,739	0,673	

Do Quadro 40, verifica-se que Bragança é o concelho que apresenta as menores necessidades energéticas de arrefecimento, bem como a que se traduz em menor probabilidade de ocorrência de situações de sérios riscos de sobreaquecimento, na grande maioria das soluções envidraçadas em análise. Apesar da intensidade da radiação solar na estação de arrefecimento em Bragança ser superior à intensidade da radiação solar em Santa Cruz, a moradia apresenta menores necessidades energéticas de arrefecimento, bem como menor probabilidade de ocorrência de situações de sobreaquecimento, devido ao facto da moradia em Bragança apresentar uma temperatura atmosférica de 19°C quando comparada em Santa Cruz com uma temperatura atmosférica de 21°C, conduzindo assim a maiores perdas térmicas, levando a que a relação entre ganhos totais brutos e perdas totais brutas pela moradia conduzam a menores valores de Υ , implicando assim menores necessidades energéticas de arrefecimento e menor risco de sobreaquecimento.

Os concelhos de Lisboa e Beja, apresentam as maiores necessidades energéticas de arrefecimento e fator de utilização dos ganhos térmicos, das zonas climáticas em análise, contudo Lisboa e Beja apresentam resultados muito semelhantes devido ao facto de nesta estação a temperatura atmosférica (23°C) ser igual nas duas regiões e por a intensidade da radiação solar nas duas regiões ser igual ou semelhante nas várias orientações ortogonais, segundo o RCCTE, apesar de estes terem zonas climáticas de Verão V2 e V3 respetivamente.

Podemos concluir, que em zonas climáticas de verão que se caracterizem por ter uma temperatura atmosférica o menor possível, estas conduzem a menores necessidades de arrefecimento e menores probabilidades de ocorrência de situações de sobreaquecimento.

Analisado o impacto das zonas climáticas no inverno e verão, importa efetuar uma análise anual, cujos resultados obtidos são expostos no Quadro 41.

Quadro 41 - Necessidades globais anuais nominais de energia primária, em Portugal Continental

Vidros	Santa Cruz			Lisboa			Beja			Bragança			Pampilhosa da serra		
	Cota 40m - V1;I1			I1, V2 (s.)			I1, V3 (s.)			I3, v2 (N)			I3, v3 (N)		
	Ntc	Class. Energ	Nt	Ntc	Class. Energ	Nt	Ntc	Class. Energ	Nt	Ntc	Class. Energ	Nt	Ntc	Class. Energ	Nt
1	3,156	B	6,141	5,599	B -	6,549	5,839	B -	6,595	10,415	C	7,193	8,777	C	6,977
2	3,166	B		5,571	B -		5,807	B -		10,370	C		8,745	C	
3	3,152	B		5,611	B -		5,851	B -		10,434	C		8,790	C	
4	3,119	B		5,721	B -		5,974	B -		10,623	C		8,921	C	
5	3,122	B		5,701	B -		5,952	B -		10,584	C		8,893	C	
6	3,107	B		5,753	B -		6,010	B -		10,671	C		8,952	C	
7	3,096	B		5,794	B -		6,055	B -		10,740	C		8,998	C	
8	3,122	B		5,414	B -		5,639	B -		9,937	C		8,394	C	
9	3,094	B		5,399	B -		5,624	B -		9,828	C		8,301	C	
10	3,060	A		5,525	B -		5,764	B -		10,039	C		8,449	C	
11	3,057	A		5,537	B -		5,777	B -		10,059	C		8,463	C	
12	3,035	A		5,632	B -		5,882	B -		10,211	C		8,565	C	

Para a análise anual da influência do zonamento climático, dos resultados apresentados no Quadro 41, verifica-se que a zona climática do concelho de Lisboa, apresenta o melhor desempenho, dos concelhos de Portugal continental em análise. Contudo na estação de aquecimento todas as soluções envidraçadas terão de ser otimizadas, uma vez que as necessidades de aquecimento ultrapassam o máximo regulamentar.

Apesar de Bragança apresentar as menores necessidades de arrefecimento, agora numa análise das necessidades globais anuais nominais de energia primária, Bragança pelo contrário, apresenta os maiores valores para as necessidades anuais, ultrapassando o valor máximo regulamentar, uma vez que no inverno apresenta as maiores necessidades de aquecimento quando comparado com outros concelhos em análise.

Santa Cruz, quando comparado com as restantes zonas climáticas, é a que apresenta os menores valores, porque o local de implantação, é caracterizado por um clima quer no inverno quer no verão muito menos severo, quando comparado com as restantes zonas climáticas.

Podemos concluir, que a implementação desta moradia em estudo em diferentes zonas climáticas, terá diferentes comportamentos consoante a gravidade das zonas climáticas, sendo mais difícil o cumprimento do RCCTE.

CAPÍTULO 6 - ANÁLISE ECONÓMICA

Considerando a importância que o custo apresenta, aquando da escolha das soluções construtivas a adotar na construção de uma habitação, é de grande relevância estabelecer uma relação entre o benefício da aplicação de uma determinada solução e o respetivo custo inerente a esta. Para além do estudo das características térmicas das soluções apresentadas, é igualmente importante analisar a sua viabilidade económica, fazendo um estudo comparativo entre as várias soluções propostas. Neste capítulo, será realizada então uma análise económica das várias soluções de envidraçados analisadas e otimizadas através de dispositivos de oclusão noturna/proteção solar anteriormente estudadas. Esta análise foi efetuada com o objetivo de determinar qual das soluções é mais rentável, bem como o período de retorno do investimento.

Para tal, é necessário conhecer o custo de investimento inicial (solução envidraçada e dispositivos de oclusão noturna/proteção solar) e os custos de exploração (consumo energético), associados às soluções em análise, a serem implementados na moradia unifamiliar na RAM.

Por forma a serem determinados os custos de exploração inerentes a cada solução, adotou-se um custo de energia elétrica em BTN, para os consumidores domésticos na RAM, que tem por base a consulta dos preços indexados pela empresa fornecedora, no caso a Empresa de Eletricidade da Madeira (EEM), com o valor de 0.1735 €/kWh referente ao ano de 2013. Relativamente ao preço de referência do gás natural na RAM, este adota o valor de 0.055 €/kWh, conforme estipulado no JORAM, I série, nº52 de 23/04/2013.

O custo de investimento de cada solução envidraçada (Quadro 42), foi obtido de acordo com o orçamento apresentado pela Saint Gobain Glass – Portugal, os dispositivos de oclusão noturna/proteção solar (Quadro 43), obtidos através do gerador de preços do CYPE*, que inclui uma base de dados paramétrica e interativa que permite ao utilizador obter o preço para o elemento escolhido, atendendo aos materiais, equipamentos e processos construtivos selecionados, e os dispositivos de sombreamento (Quadro 44) obtidos pelo site orçamentos.eu (inclui fichas de rendimentos e custo de materiais) (orçamentos detalhados no Anexo III). É de referir, que a área de envidraçado considerado para este cálculo, foi de 8.46 m², e área de vão envidraçado de 12.08 m².

*O gerador de preços para construção civil (Portugal) – CYPE Ingenieros, S.A., permite a obtenção de custos de construção ajustados ao mercado. <http://www.geradordeprecos.info/>

Quadro 42 - Custo das soluções envidraçadas para a moradia unifamiliar

Solução envidraçada	Custo [€/m ²]	Custo de investimento [€]
1 - Simples incolor	21,41	181,04
2 - Simples extra-claro	56,84	480,64
3 - Simples impresso	58,60	495,52
4 - Simples fosco	41,00	346,70
5 - Simples laminado	50,03	423,05
6 - Simples colorido	32,58	275,50
7 - Simples reflectante	45,32	383,23
8 - Duplo incolor	36,98	312,70
9 - Duplo low-e	41,83	353,71
10-Duplo low-e, controlo solar	90,37	764,17
11-Duplo colorido,Low-e,controlo solar	57,77	488,50
12-Duplo reflectante,low-e	81,44	688,66

Quadro 43 - Custo dos dispositivos de proteção solar/oclusão noturna

Dispositivos de oclusão noturna/protecção solar	Custo [€/m ²]	Custo de investimento [€]
Cortina interior opaca	14,94	56,03
Portada de lâminas fixas	124,53	1504,33
Persiana de réguas metálicas	41,84	505,43
Portada exterior de madeira	299,04	3612,40

Quadro 44 - Custo dos dispositivos de sombreamento

Dispositivos de sombreamento	Custo [€/m ²]	Custo de investimento [€]
Pala horizontal móvel	37,13	157,84
Pala horizontal fixa	424,95	270,97
Pala vertical fixa	20,97	141,20

Importa referir, que a pala horizontal móvel representa um toldo, a pala horizontal fixa representa uma laje de betão armado em consola e a pala vertical fixa representa uma parede de blocos de betão normal.

A análise económica em termos de custo-benefício das diferentes soluções, para identificar a melhor solução, será efetuada através de dois métodos, o método simples

proposto pela ADENE e o método do valor atual líquido (VAL). Para efetuar estas análises, considerou-se um tempo de vida útil de 50 anos.

6.1 - Método Simples - ADENE

No presente estudo económico são calculados os custos de exploração, consoante as necessidades energéticas de aquecimento (N_{ic}), arrefecimento (N_{vc}) e preparação das águas quentes sanitárias (N_{ac}) das várias soluções, segundo a metodologia adotada pela ADENE, descrita na seguinte equação:

$$Custo\ exploração = \frac{N_{ic}}{\eta_i} * A_p * custo_i + \frac{N_{vc}}{\eta_v} * A_p * custo_v + N_{ac} * A_p * custo_{aqS} \quad (23)$$

Onde,

N_{ic} – Necessidades energéticas para aquecimento [kWh/m².ano];

N_{vc} – Necessidades energéticas para arrefecimento [kWh/m².ano];

N_{ac} – Necessidades para preparação de AQS [kWh/m².ano];

A_p – Área útil de pavimento [m²];

η_i – Eficiência nominal do equipamento de climatização da estação de aquecimento [1];

η_v – Eficiência nominal do equipamento de climatização da estação de arrefecimento [3];

$Custo_{i,v}$ – Custo da energia elétrica, utilizada pelos equipamentos de climatização [€/kWh];

$Custo_{aqS}$ – Custo da energia (gás natural), utilizada pelos equipamentos de preparação de águas quentes sanitárias [€/kWh];

Quanto ao período estimado para o retorno do investimento, este foi determinado segundo a metodologia adotada no Decreto-lei nº 79/2006 (RSECE), correspondente à equação 24, e resulta do rácio entre a variação do custo de investimento da solução mais eficiente face à solução 1 (solução envidraçada tradicional) e a poupança anual resultante da aplicação da solução mais eficiente face à solução 1.

$$PRS = \frac{C_a}{P_1} \quad (24)$$

Onde,

C_a – Variação do custo do investimento, face à solução envidraçada 1 [€];

P_1 – Variação do custo de exploração, face à solução envidraçada 1 [€/ano];

Este método, emprega os custos de energia constantes e iguais aos do momento de investimento e não considera os custos financeiros, nem efeitos da inflação que surjam ao longo do tempo, pelo que segundo o artigo 32º do Decreto-lei nº 79/2006 (RSECE), a

implementação de medidas de eficiência energética é de implementação obrigatória, com a determinação de um período de retorno simples inferior ou igual a 8 anos.

6.2 - Método do Valor Atual Líquido (VAL)

O método VAL, é um critério muito utilizado numa perspetiva empresarial, por permitir quantificar, quanto vale hoje o retorno futuro de um investimento, tendo em conta fatores como a taxa de crescimento de preços (α), e a taxa de desconto de capital (asset pricing) (i). Segundo projeções macroeconómicas do Banco de Portugal (Boletim económico 2013-2014), considerou-se uma taxa de crescimento de preços (α) no ano 1 e 2 de 1%, ano 3 e 4 de 1.5%, ano 5 de 1.8% e restantes de 2%. Quanto à taxa de desconto de capital (asset pricing) (i) admitiu-se uma taxa fixa de 8.6% (BCE).

O custo de exploração num determinado ano é efetuado através da seguinte equação:

$$Rp = \Delta c_{expl} * (1 + \alpha)^n \quad (25)$$

Onde,

Δc_{expl} – Variação do custo de exploração de cada solução face à solução envidraçada 1 [€/ano];

α – Taxa de crescimento anual do custo de exploração com a atualização das tarifas de energia;

n – Numero de anos.

Relativamente à metodologia de cálculo do VAL acumulado ao ano, este é determinado pela seguinte equação:

$$V.A.L = \sum_{p=1}^n \frac{Rp}{(1+i)^p} - I \quad (26)$$

Onde,

Rp – Custo de exploração num determinado ano [€/ano];

I – Investimento inicial das soluções adotadas [€];

i – Taxa de desconto - capital asset pricing model;

p – Numero de anos.

Quanto à tomada de decisão de investimento, segundo o método VAL, adotam-se os seguintes critérios:

- Se $VAL > 0$, o investimento numa determinada solução, gerará benefícios em valor que permitirá recuperar o capital inicial investido, gerando um excedente correspondente ao VAL durante o tempo de vida útil da solução adotada;
- Se $VAL = 0$, é indiferente realizar o investimento ou não do ponto de vista da rentabilidade, uma vez que o investimento inicial é recuperado, mas não gera um excedente durante a vida útil da solução;
- Se $VAL < 0$, os benefícios gerados pelo investimento numa determinada solução, são de rejeitar numa perspetiva da rentabilidade, uma vez que não permitirá recuperar o capital inicial investido durante o tempo de vida útil da solução adotada.

É de salientar que, este método quando comparado com o método da ADENE, prevê uma evolução dos custos de exploração com o aumento das tarifas de energia, bem como a evolução do preço da moeda, sendo portanto um método mais completo e muito utilizado no mundo empresarial.

6.3 - Apresentação e discussão de resultados da viabilidade económica

Na discussão dos resultados referentes à análise económica, apenas serão feitas referências às soluções que cumpram todos os parâmetros impostos pelo RCCTE, nomeadamente as necessidades energéticas de aquecimento (Nic), arrefecimento (Nvc) energia primária (Ntc), fator de utilização dos ganhos térmicos (η) onde não se verifiquem riscos de sobreaquecimento e fator solar máximo admissível de vãos envidraçados (g_{\perp}) com mais de 5% da área útil de pavimento do espaço que servem, resultantes das análises anteriores. Nos Quadros 45 e 46, apresentam-se os resultados obtidos da aplicação do método ADENE e VAL, respetivamente.

Quadro 45 - Análise económica método ADENE.

Vidros	Sem dispositivos sombreamento/oclusão noturna		Cortina interior opaca		Portada de lâminas fixas		Persiana de réguas metálicas		Portada exterior de madeira	
	Custo exploração Anual [€/ano]	Pay back [anos]	Custo exploração Anual [€/ano]	Pay back [anos]	Custo exploração Anual [€/ano]	Pay back [anos]	Custo exploração Anual [€/ano]	Pay back [anos]	Custo exploração Anual [€/ano]	Pay back [anos]
1-Simples incolor	425,14	0,00	382,01	1,30	369,45	27,01	366,23	8,58	365,64	60,71
2-Simples extra-claro	430,20	-59,16	383,82	8,61	370,13	32,79	366,72	13,78	366,08	66,24
3-Simples impresso	423,15	157,79	381,31	8,45	369,19	32,51	366,05	13,88	365,48	65,82
4-Simples fosco	406,41	8,84	385,01	5,52	367,54	29,00	364,99	11,16	364,60	62,41
5-Simples laminado	408,01	14,13	385,66	7,55	367,48	30,29	364,88	12,40	364,47	63,53
6-Simples colorido	400,28	3,80	381,95	3,48	366,79	27,40	364,46	9,89	364,13	60,76
7-Simples reflectante	394,75	6,65	379,31	5,63	366,41	29,06	364,27	11,62	363,99	62,39
8-Duplo incolor	407,80	7,60	377,26	3,92	358,66	24,61	357,06	9,36	356,48	54,53
9-Duplo low-e	393,47	5,45	376,65	4,72	354,67	23,80	353,44	9,46	352,98	52,45
10-Duplo low-e, controlo solar	376,63	12,02	367,01	10,99	353,65	29,20	352,76	15,04	352,49	57,75
11-Duplo colorido, Low-e, controlo solar	375,12	6,15	366,13	6,16	353,57	25,32	352,71	11,22	352,46	53,93
12-Duplo reflectante, low-e	363,68	8,26	359,35	8,57	352,99	27,89	352,36	13,92	352,24	56,52

(Continuação)

Vidros	Sem dispositivos sombreamento/occlusão noturna		Pala horizontal fixa ($\alpha=35^\circ$)		Pala horizontal móvel ($\alpha=35^\circ$)		Pala horiz. e vert. (maior redução) fixa ($\alpha=35^\circ, \beta=35^\circ$)		Pala horiz. e vert. (menor redução) fixa ($\alpha=35^\circ, \beta=35^\circ$)	
	Custo exploração Anual [€/ano]	Pay back [anos]	Custo exploração Anual [€/ano]	Pay back [anos]	Custo exploração Anual [€/ano]	Pay back [anos]	Custo exploração Anual [€/ano]	Pay back [anos]	Custo exploração Anual [€/ano]	Pay back [anos]
1-Simples incolor	425,14	0,00	409,35	17,16	416,27	17,79	405,17	20,64	407,11	22,86
2-Simples extra-claro	430,20	-59,16	413,00	47,02	420,55	99,68	408,45	42,64	410,52	48,70
3-Simples impresso	423,15	157,79	407,92	34,00	414,58	44,75	403,88	34,19	405,77	37,52
4-Simples fosco	406,41	8,84	396,20	15,09	400,64	13,20	393,46	18,24	394,87	19,09
5-Simples laminado	408,01	14,13	397,21	18,37	401,91	17,21	394,32	21,23	395,78	22,28
6-Simples colorido	400,28	3,80	391,85	10,98	395,51	8,51	389,56	14,24	390,79	14,75
7-Simples reflectante	394,75	6,65	388,07	12,76	390,96	10,54	386,22	15,79	387,27	16,22
8-Duplo incolor	407,80	7,60	394,43	13,11	400,32	11,67	390,80	15,84	392,52	16,67
9-Duplo low-e	393,47	5,45	382,98	10,52	387,61	8,81	380,12	12,99	381,51	13,40
10-Duplo low-e, controlo solar	376,63	12,02	370,91	15,75	373,42	14,33	369,30	17,82	370,17	18,11
11-Duplo colorido, Low-e, controlo solar	375,12	6,15	369,82	10,46	372,15	8,78	368,32	12,67	369,15	12,85
12-Duplo reflectante, low-e	363,68	8,26	361,55	12,24	362,50	10,62	360,89	14,32	361,33	14,41

Quadro 46 - Análise económica método VAL

Vidros	Sem dispositivos sombreamento/occlusão noturna		Cortina interior opaca		Portada de lâminas fixas		Persiana de réguas metálicas		Portada exterior de madeira	
	VAL - 50 anos [€]	Pay back [anos]	VAL - 50 anos [€]	Pay back [anos]	VAL - 50 anos [€]	Pay back [anos]	VAL - 50 anos [€]	Pay back [anos]	VAL - 50 anos [€]	Pay back [anos]
1-Simples incolor	-	-	557,21	2	-712,50	-	332,18	14	-2766,41	-
2-Simples extra-claro	-371,60	-	231,90	14	-1021,76	-	25,60	42	-3072,24	-
3-Simples impresso	-286,14	-	252,69	14	-1023,34	-	20,31	44	-3078,59	-
4-Simples fosco	100,70	15	348,93	8	-851,07	-	184,09	23	-2917,34	-
5-Simples laminado	1,54	48	263,22	12	-926,50	-	109,39	29	-2991,75	-
6-Simples colorido	259,06	5	463,58	5	-769,18	-	262,85	18	-2839,43	-
7-Simples reflectante	229,89	10	393,44	8	-871,40	-	157,91	25	-2945,19	-
8-Duplo incolor	114,79	12	493,01	5	-690,74	-	330,96	16	-2767,76	-
9-Duplo low-e	277,56	8	460,73	7	-675,02	-	341,35	17	-2759,01	-
10-Duplo low-e, controlo solar	106,55	27	187,41	22	-1071,01	-	-59,37	-	-3162,49	-
11-Duplo colorido, Low-e, controlo solar	403,81	9	475,50	9	-794,25	-	216,97	23	-2886,40	-
12-Duplo reflectante, low-e	366,31	13	371,82	14	-986,08	-	21,74	44	-3083,47	-

Vidros	Sem dispositivos sombreamento/occlusão noturna		Pala horizontal fixa ($\alpha=35^\circ$)		Pala horizontal móvel ($\alpha=35^\circ$)		Pala horiz. e vert. (maior redução) fixa ($\alpha=35^\circ, \beta=35^\circ$)		Pala horiz. e vert. (menor redução) fixa ($\alpha=35^\circ, \beta=35^\circ$)	
	VAL - 50 anos [€]	Pay back [anos]	VAL - 50 anos [€]	Pay back [anos]	VAL - 50 anos [€]	Pay back [anos]	VAL - 50 anos [€]	Pay back [anos]	VAL - 50 anos [€]	Pay back [anos]
1-Simples incolor	-	-	-46,50	-	-31,68	-	-128,18	-	-155,79	-
2-Simples extra-claro	-371,60	-	-398,01	-	-392,18	-	-474,42	-	-503,95	-
3-Simples impresso	-286,14	-	-340,65	-	-322,25	-	-424,43	-	-451,26	-
4-Simples fosco	100,70	15	-25,21	-	24,87	35,00	-127,44	-	-147,43	-
5-Simples laminado	1,54	48	-115,92	-	-69,58	-	-215,99	-	-236,76	-
6-Simples colorido	259,06	5	107,87	22,00	169,02	14,00	-0,79	-	-18,24	-
7-Simples reflectante	229,89	10	53,93	32,00	125,88	20,00	-61,00	-	-75,94	-
8-Duplo incolor	114,79	12	34,07	35,00	63,34	25,00	-55,65	-	-80,08	-
9-Duplo low-e	277,56	8	155,78	20,00	203,13	15,00	55,24	34,00	35,56	37,00
10-Duplo low-e, controlo solar	106,55	27	-82,99	-	-5,66	-	-201,28	-	-213,78	-
11-Duplo colorido, Low-e, controlo solar	403,81	9	208,09	20,00	288,13	15,00	88,20	31,00	76,38	32,00
12-Duplo reflectante, low-e	366,31	13	125,54	28,00	225,24	20,00	-6,25	-	-12,49	-

Para que na moradia, não sejam aplicados dispositivos de sombreamento/occlusão noturna, apenas a solução envidraçada 12 poderá ser considerada, uma vez que esta é a solução que verifica todos os parâmetros impostos pelo RCCTE. Quando aplicada a metodologia da ADENE, esta solução apresenta um período de retorno de investimento de 8.3 anos que segundo o artigo 32º do Decreto-lei nº 79/2006 (RSECE), a implementação

desta solução não é de implementação obrigatória, visto que o período de retorno do investimento é superior a 8 anos. Quando utilizada o método VAL, conclui-se que esta apresenta um “Pay-back” de 13 anos e um VAL = 366.31 € ao fim de 50 anos, tornando-se assim economicamente rentável e viável a sua aplicação, uma vez que recupera o investimento inicial (688.66€) e gera lucro (366.31€ em 37 anos).

Aplicando o dispositivo, cortina interior opaca, as soluções envidraçadas 6, 7 e 12 são as que verificam todos os parâmetros impostas pelo RCCTE. Quanto analisada economicamente, a solução 6 é a mais benéfica, pelo facto de apresentar o menor período de retorno do investimento (3.48 anos – ADENE; 5 anos – VAL) e um VAL ao fim de 50 anos de 463.58€, uma vez que recupera o investimento inicial (331.53€) e gera lucro (463.58€ em 45 anos), apesar de apresentar o maior custo de exploração.

Relativamente à adoção do dispositivo portada de lâmina fixas, apenas as soluções envidraçadas 2 e 8 não verificam todos os parâmetros impostos pelo RCCTE. No entanto constata-se que a sua aplicação não é benéfica nem rentável economicamente, uma vez que os benefícios gerados pelo investimento em todas as soluções envidraçadas, são de rejeitar numa perspectiva da rentabilidade, por não permitir a recuperação do investimento inicial aplicado durante o tempo de vida útil desta solução.

O dispositivo persiana de réguas metálicas, apenas não verifica todos os parâmetros impostos pelo RCCTE, quando associado à solução envidraçada 8. Pelo método ADENE a solução que apresenta o menor período de retorno do investimento (8.58 anos) é quando associada à solução envidraçada 1. Relativamente ao VAL este corresponde a 332.18€ em 50 anos, associado a um pay-back de 14 anos, recuperando o investimento inicial (686.47€), gerando um lucro de 332.18€ em 36 anos. Contudo ao fim de 50 anos esta não é a solução que gera o maior lucro, sendo a solução 9 a que gera um VAL = 341.35€, recuperando o investimento inicial (859.14€) ao fim de 17 anos, gerando um lucro de 341.35 em 33 anos.

Outro dispositivo utilizado são as portadas exteriores de madeira, que quando associados, a todas as soluções envidraçadas verificam todos os parâmetros impostos pelo RCCTE. No entanto, a sua aplicação em termos económicos, não poderá ser considerada benéfica nem rentável, pelo facto de não permitir a recuperação do investimento inicial aplicado durante o tempo de vida útil desta solução.

A utilização do sombreamento pala horizontal fixa, apenas pode ser adotada com a solução envidraçada 7 e 12, uma vez que verificam todos os parâmetros impostos pelo RCCTE. Em termos económicos a solução envidraçada 12 (959.63€) apesar de ter um custo de investimento inicial superior à solução 7 (654.20€), torna-se economicamente mais

viável. Aplicando o método ADENE, esta solução apresenta um período de retorno de 12.24 anos. Aplicando o método VAL, a solução 12 com a aplicação do dispositivo de sombreamento horizontal fixo, recupera o investimento ao fim de 28 anos, e gera um lucro de 125.54€ em 22 anos.

O sombreamento pala horizontal móvel (toldo), apenas pode ser adotada com a solução envidraçada 12, por cumprir todos os parâmetros impostos pelo RCCTE. Em termos económicos esta solução, apresenta um custo de investimento inicial de 846.50€, com um retorno de investimento de 20 anos quando aplicado o método VAL, e gerando um lucro em 30 anos de 225.24€.

A utilização de sombreamento horizontal e vertical, apenas pode ser adotado na solução envidraçada 11, por ser a que cumpre os requisitos impostos pelo RCCTE, e apresentar viabilidade económica.

Podemos concluir que de todas as soluções propostas, aquela que se apresenta como melhor solução construtiva, em termos de viabilidade económica é a solução envidraçada 6 melhorada com cortina interior opaca (VAL=463.58€; Pay-back=5anos), seguidamente da solução 7 melhorada com cortina interior opaca (VAL=393.44€; Pay-back=8 anos), por se verificarem os menores períodos de retorno do investimento e gerarem os maiores lucros durante o tempo de vida útil da moradia.

CAPÍTULO 7 - CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

7.1 - Conclusões

Os vãos envidraçados da moradia em estudo, apresentam trocas térmicas (entre ganhos solares e perdas térmicas) consideráveis na estação de arrefecimento, superiores aos da estação de aquecimento. Deste modo, as soluções envidraçadas que permitam um bom desempenho energético da moradia no verão, terão grandes probabilidades de apresentar um bom desempenho global ao longo do ano, sendo esta a estação mais condicionante.

A inércia térmica de um edifício, tem influência na sua capacidade em contrariar as variações de temperatura no seu interior, devido à sua capacidade para acumular calor nos seus elementos de construção. Como conclusão podemos afirmar que uma moradia com classe de inercia térmica forte, contribui com um maior fator de utilização dos ganhos térmicos e que quando aplicadas soluções envidraçadas que se caracterizem por terem menores disparidades entre perdas e ganhos térmicos na estação de aquecimento (reduzido U_g e elevado $g_{\pm v}$), estas soluções apresentam as menores necessidades energéticas anuais de aquecimento, contribuindo também, numa menor variação da temperatura interior de conforto. Nesta estação, o envidraçado com o melhor desempenho energético, ou seja o que apresenta menores necessidades de aquecimento é o vidro duplo low-e (9). Este vidro denominado por SGG ClimaPlus, caracteriza-se por diminuir significativamente as necessidades de aquecimento, por ser o mais benéfico na disparidade entre perdas e ganhos térmicos, das soluções envidraçadas em estudo.

A inércia térmica também influi sobre o comportamento do edifício no Verão ao influenciar a capacidade do edifício em absorver os picos de temperatura. Neste sentido, uma moradia com uma classe de inércia térmica fraca apresenta uma maior probabilidade de ocorrência de situações de sobreaquecimento no verão, quando comparada com as outras classes de inercia térmica, devido à sua incapacidade em acumular calor nos seus elementos de construção, tendo assim menor influência na capacidade para contrariar as variações de temperatura no seu interior. Para que uma solução de envidraçado contribua para um bom desempenho energético da moradia e para uma menor probabilidade de ocorrência de sérios riscos de sobreaquecimento, durante a estação de arrefecimento, deverá apresentar um reduzido fator solar, diminuindo os ganhos solares. Nesta estação, o envidraçado com o melhor desempenho energético, ou seja o que apresenta menores necessidades de

arrefecimento é o vidro duplo refletante, low-e (12), denominado SGG ClimaPlus Reflectasol.

Considerando que o fator solar é responsável pela passagem da energia solar para o interior da moradia, ou seja é o parâmetro do envidraçado com maior influência no desempenho energético da moradia em estudo, podemos concluir que as melhores soluções são aquelas que apresentam simultaneamente reduzidos ganhos solares e perdas térmicas, ou seja reduzido fator solar ($g_{\perp v}$) conjugado com reduzido coeficiente de transmissão térmica (U).

Para a moradia em estudo, conclui-se então que uma solução de envidraçado que apresente um bom desempenho na estação de arrefecimento, terá maior probabilidade de ter um bom desempenho ao longo do ano, bem como uma melhor classificação energética.

Na análise da influência da área de envidraçado, conclui-se que embora o aumento das áreas envidraçadas implique um aumento das necessidades energéticas, verifica-se que estas tendem a ter um menor acréscimo em termos percentuais à medida que as áreas envidraçadas aumentam. Maiores serão os ganhos, bem como maior será a probabilidade de ocorrência de sobreaquecimento no verão. Neste sentido, soluções envidraçadas com elevado fator solar, têm menor probabilidade em cumprir as necessidades máximas regulamentares, bem como apresentam os maiores riscos de ocorrência de situações de sobreaquecimento.

Na análise associada à orientação da moradia, conclui-se que no inverno, as maiores percentagens de vãos envidraçados, quando associadas aos maiores fatores de orientação (definido no RCCTE), resultam em maiores ganhos solares, o que nesta estação é favorável. No verão, as menores percentagens de vãos envidraçados, quando associadas a orientações com incidência de maior intensidade da radiação solar, resultam em menores ganhos solares, o que nesta estação é favorável. Assim constata-se que as necessidades nominais de arrefecimento, bem como o fator de utilização dos ganhos térmicos, variam consoante a distribuição percentual dos envidraçados nas diferentes orientações.

Quanto à influência dos dispositivos de sombreamento/oclusão noturna, conclui-se que durante o inverno, altura em que todos os ganhos solares são positivos, estes vãos servirão justamente para deixar entrar a radiação solar, porém, durante os meses mais quentes, estes vãos devem ser complementados com dispositivos de sombreamento/oclusão noturna eficazes. Constata-se que os melhores dispositivos a utilizar, são os que promovem a proteção solar no verão e não restringem os ganhos solares no inverno, contribuindo assim, para a otimização e cumprimento das exigências regulamentares impostas pelo RCCTE. Isto

com o intuito de prevenir a moradia de situações de sobreaquecimento, numa altura em que a radiação solar não é favorável, uma vez que a radiação solar incidente durante todo o dia poderá saturar a capacidade de absorção e acumulação da massa térmica da moradia. O ideal será existir uma solução flexível que permita ambas as situações. A utilização destes dispositivos torna-se mais eficiente quando conjugados com uma solução envidraçada, que se caracterize por ter um elevado coeficiente de transmissão térmica e elevado fator solar.

A partir da análise realizada à influência do zonamento climático, conclui-se que a implementação desta moradia em estudo em diferentes zonas climáticas, terá diferentes comportamentos consoante a gravidade das zonas climáticas, sendo mais difícil o cumprimento do RCCTE.

Numa análise económica, e considerando a importância que o custo de investimento apresenta, aquando da escolha das soluções construtivas a adotar na construção de uma habitação, é de grande relevância estabelecer uma relação entre o benefício da aplicação de uma determinada solução e o respetivo custo inerente a esta. Assim, o método VAL quando comparado com o método da ADENE, prevê uma evolução dos custos de exploração com o aumento das tarifas de energia, bem como a evolução do preço da moeda, sendo portanto um método mais fiável e muito utilizado no mundo empresarial. Podemos concluir que de todas as soluções propostas, aquela que se apresenta como melhor solução construtiva, em termos de viabilidade económica é a solução envidraçada 6 melhorada com cortina interior opaca (VAL=463.58€; Pay-back=5anos), seguidamente da solução 7 melhorada com cortina interior opaca (VAL=393.44€; Pay-back=8 anos), por se verificarem os menores períodos de retorno do investimento e gerarem os maiores lucros durante o tempo de vida útil da moradia.

7.2 - Desenvolvimentos futuros

Na sequência do trabalho desenvolvido e das conclusões apresentadas, de entre os possíveis temas de estudo que poderão ser desenvolvidos no seguimento desta dissertação, apresentam-se os seguintes:

- Influência da ventilação natural e mecânica de edifícios, isto é, a taxa de renovação nominal, na prevenção de situações de sobreaquecimento no verão e situações de condensação no inverno;

- Estudo do comportamento térmico do parque habitacional existente na RAM, com base na nova regulamentação (Decreto Lei nº118/2013);
- Influência dos vãos envidraçados no desempenho energético de edifícios de serviços;
- Influência do tipo e dimensão das palas na prevenção de situações de sobreaquecimento.

8 - BIBLIOGRAFIA

Anes, A.A.A.(2010). A influência da massa e da exposição solar no Comportamento térmico dos edifícios. Obtido em março, de <http://www.deetc.isel.ipl.pt/jetc05/CCTE02/papers/finais/civil/110.pdf>

ADENE/DGEG (2010). Consumo doméstico. Balanço DGEG. Obtido em março de 2013, de <http://www.adene.pt/>

ADENE e Certificação Energética e Ar Interior Edifícios. Perguntas e Respostas no âmbito do RCCTE, V1.0 (2010), V2.0 (2011).

Azevedo J.(2000). Apontamentos de complementos de radiação. Obtido em janeiro de 2013, de <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/53486/1/Radiacao.PDF>

APPLETON, João (2005). Reabilitação de Edifícios “Gaioleiros”. Edições Orion

Banco Central Europeu (2013). Taxa de desconto de capital. Obtido em novembro de 2013, de <https://www.ecb.europa.eu/ecb/html/index.pt.html>.

Banco de Portugal (2013). Boletim económico – Inflação. Obtido em Novembro de 2013, de <https://www.bportugal.pt/pt-PT/Paginas/inicio.aspx>.

Caixiave. Portas, janelas. Obtido em 10 de fevereiro, de <http://www.caixiave.pt/>

Carlos A. Pina dos Santos e Luis Matias (2006), Coeficientes de Transmissão Térmica De Elementos da Envolvente Dos Edifícios - Ite 50

Carlos A. Pina dos Santos e José A. Vasconcelos de Paiva (1986), Caracterização Térmica de Paredes de Alvenaria – Ite 12

Carmody J.[et al.] (2007). Residential Windows: guide to new technologies and energy performance. 3rd Edition. E.U.A.: Norton, W. W. & Company, Inc. ISBN- 0-393-73225-8.

Carmody, J.; Selkowitz, S.; Lee, E. S.; Arasteh, D.; Willmert, T. (2004). Window System for High- Performance Buildings, W. W. Norton & Company, New York.

Casa Certificada. Obtido em Fevereiro, de <http://www.casacertificada.pt/>.

Construção sustentável. Obtido em fevereiro de 2013, em <http://www.construcao.sustentavel.pt/>

Decreto-Lei n.º80/2006, de 04 Abril de 2006. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios - Diário da República - I Série A.

Decreto-Lei nº 79/2006, de 04 Abril de 2006. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios –Diário da República - I Série A.

Direção Geral de Energia e Geologia, (2010). Obtido em Janeiro de 2013, de <http://www.dgge.pt/>

EEM, (2013). Tarifário de venda de energia elétrica a clientes finais. Funchal: EEM.

Efficient Windows Collaborative. Obtido em Março, de <http://www.efficientwindows.org/>

EN ISO 10077- :2006. Thermal performance of Windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance

EuroWindow Guidance Sheet. Obtido em fevereiro de 2013, de http://www.faecf.org/Download/Papers/CE02_0712e.pdf

Finistral. Fabricante de portas, janelas e persianas. Obtido em fevereiro de 2013, de <http://www.finistral.com/>

Física em mistérios - Espectro eletromagnético. Obtido em Fevereiro de 2013, em <http://fisicasemmisterios.webnode.com.br/>

Fonseca, S. D.A (2007). A casa de emissões nulas: Estudo conceptual. Tese de mestrado, Aveiro, Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

Frank P. Incropera, Adrienne S. Lavine, David P. DeWitt, Lavine (2007). Fundamentals of Heat and Mass Transfer Sixth Edition.

Futereng. Inércia Térmica. Obtido em Março de 2013, de <http://www.futureng.pt/>

Gerador de preços para construção civil (Portugal) - CYPE Ingenieros, S.A.. Obtido em Outubro de 2013, de <http://www.geradordeprecos.info/>

Giacomini, E. (2005). Tecnologias de fachadas: Material o vidro. Tese de mestrado, Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Gonçalves, H. e Graça J.M. (2004). Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal. DGGE / IP-3E, Lisboa ISBN 972-8268-34-3

Guide de la fenêtre. Obtido em fevereiro de 2013, de <http://www.guide-de-lafenetre.com/>

Hélio Ponciano Pereira Barros (2005). Análise de Projetos de Investimento. 4º Edição, Edições Sílabo.

Isolani, P. (2008). Eficiência Energética nos Edifícios Residenciais. Lisboa: Deco

Janela Sapa. Obtido em março de 2013, de <http://janelasapa.com/>

Jitka, M. e Hasim, A (2009). Evaluation of optical and thermal properties of window glazing. Issue 1, Volume 5, (2009), ISSN- 1790-5079.

Kinney, L. (2007). Windows and insulating shutters, Affordable Confort International Summit: Moving Existing Homes Toward Carbon Neutrality, (Synertech Systems Corporation).

Leal, V (2009). Energy in Buildings: Lighting. PhD program Sustainable Energy Systems, MIT Portugal.

Lopes, N. V. (2006). Reabilitação de Caixilharias de Madeira em Edifícios do Século XIX e Início do Século XX – Do Restauro à Seleção exigencial de uma Nova Caixilharia: o Estudo do Caso da Habitação Corrente Portuense, FEUP, Porto, Dezembro de 2006.

Mascarenhas, J. (2008). Sistemas de Construção - IX (2ª Edição ed.). Lisboa: Livros Horizonte.

Nascimento, C., e Gonçalves, H. (2005). Prémio DGGE 2003, Eficiência Energética em Edifícios. Lisboa, DGE.

Oliveira, A. M. F. F. (2007). Avaliação da Qualidade Térmica de Edifícios – Proposta de indicadores para o Projeto. Porto: FEUP, 2007. Dissertação de mestrado.

Orçamentos e Orçamentação na Construção civil. Obtido em Outubro de 2013, de <http://orcamentos.eu/>

Palhinha, M. (2009). Sistemas de sombreamento em arquitetura: Proposta de um novo método de conceção e dimensionamento, Dissertação de Mestrado em Arquitectura, IST.

Pinto, A.T. S. (2003). Reabilitação de Caixilharia. Melhoria das Características de Radiação. Obtido em janeiro de 2013, de: <http://www.futureng.pt/radiacao>.

PNAEE 2016 - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética . Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013.

PRESIDÊNCIA DO GOVERNO REGIONAL. JORAM, I série, nº52 de 23/04/2013
Regulamento Geral Das Edificações Urbanas (RGEU). Decreto-Lei nº38 382 de 7 de Agosto de 1951, com as alterações surgidas desde então.

Previcon. (2011). Isoltermix - Isolamento térmico e acústico. Obtido em março de 2013, de <http://www.previcon.pt/isoltermix.htm>

Ramalheira F.J. (2005). Manual de boas práticas de escolha de vãos envidraçados: Exigências funcionais de vãos envidraçados. Tese de mestrado, Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

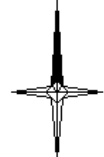
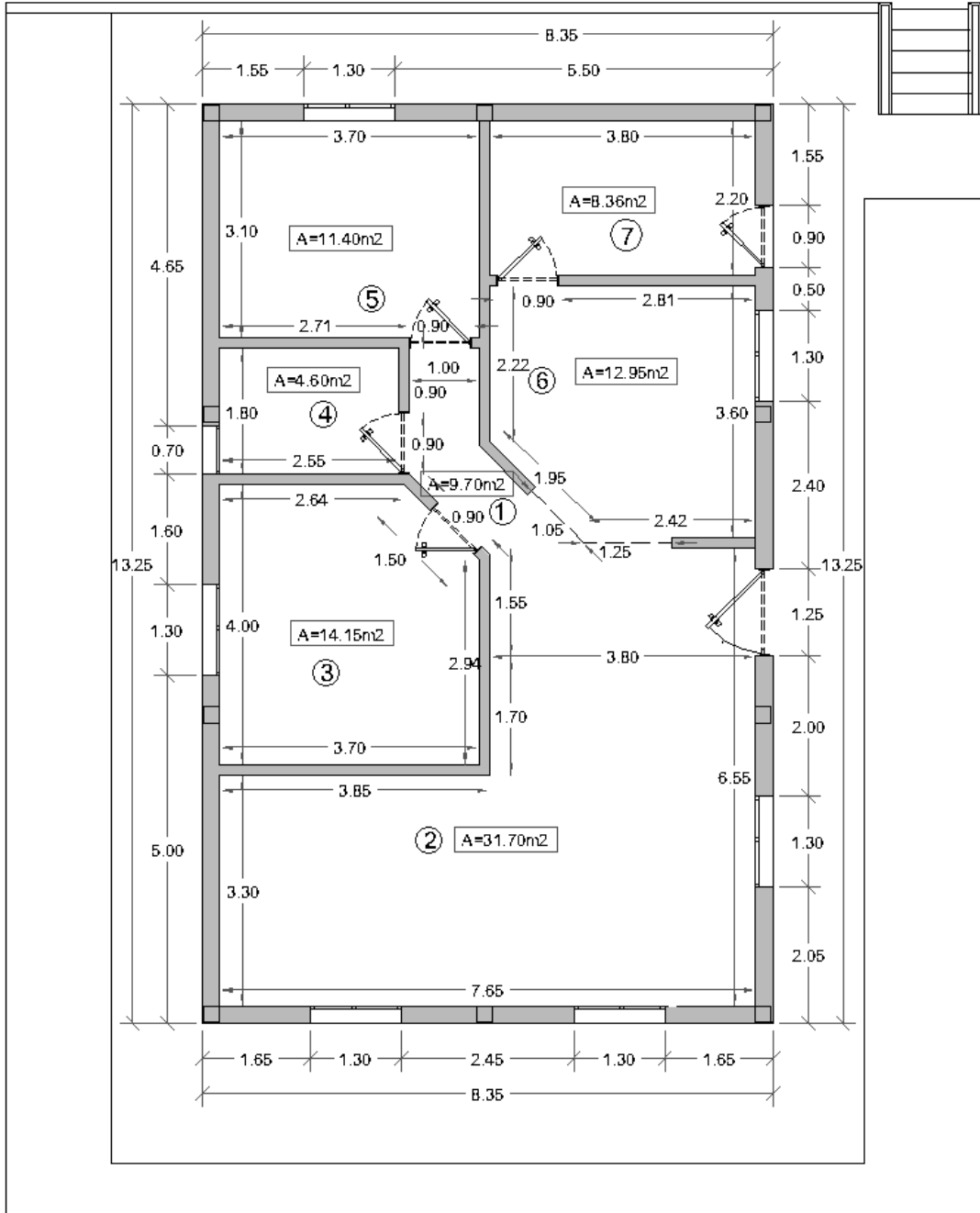
Rio, R.(2009). Janela para o mundo, Arte & Construção – Revista Profissional da Construção. Lisboa

Saint Gobain Glass , Suporte técnico: O vidro e a radiação solar. Obtido em Março, de <http://pt.saint-gobain-glass.com/b2c/default.asp> e <http://www.climalit.pt/>

Susana Camelo, Carlos Pina dos Santos, Álvaro Ramalho, Cristina Horta, Helder Gonçalves, Eduardo Maldonado (2006). Manual de apoio à aplicação do RCCTE.

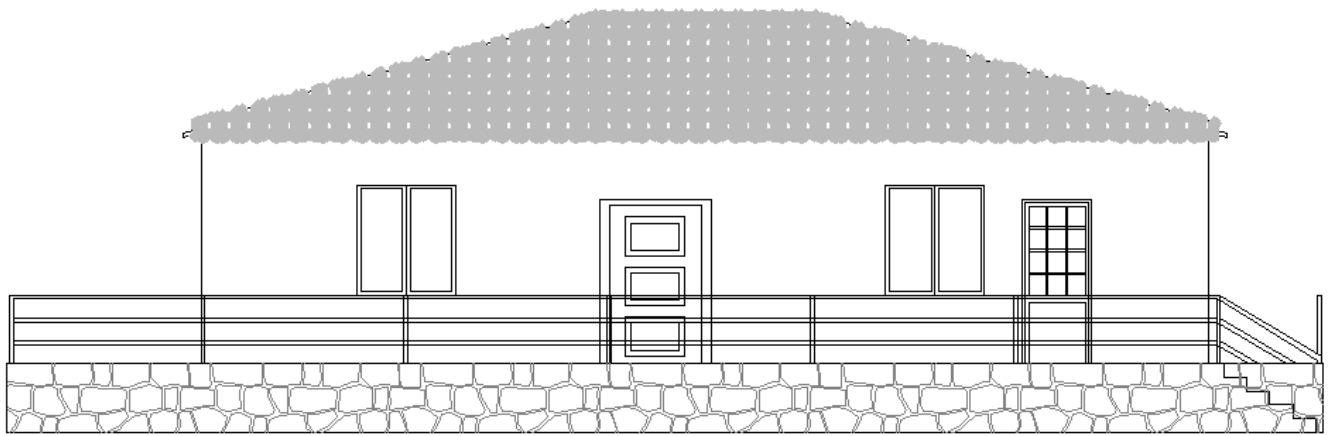
Viegas, João Carlos (2006). Componentes de Edifícios: Seleção de Caixilharia e seu Dimensionamento Mecânico

Anexo I - Planta e alçados

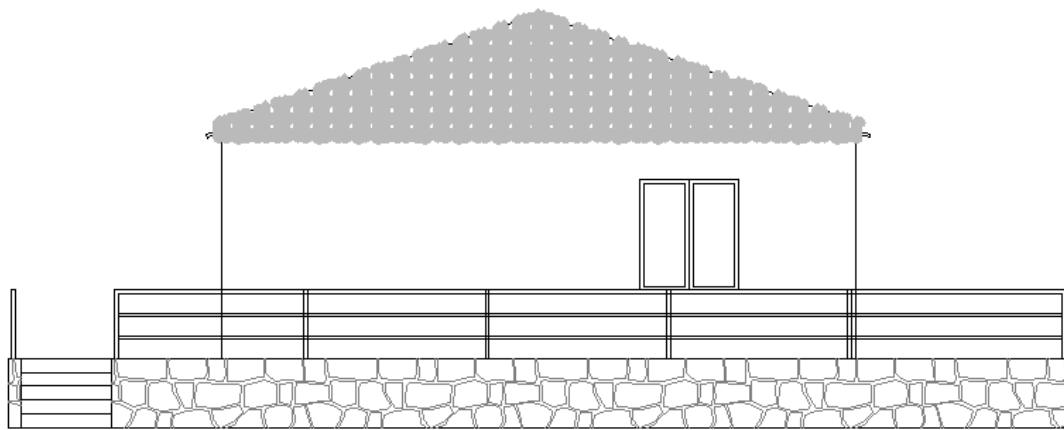


- LEGENDA:**
- 1 CORREDOR
 - 2 SALA DE ESTAR
 - 3 QUARTO (1)
 - 4 INST. SANITÁRIA
 - 5 QUARTO (2)
 - 6 COZINHA
 - 7 LAVANDARIA

Moradia unifamiliar		Descrição: PLANTA
Engenheiro: Miguel Chaves		
Escala: 1:100	Nº de Folhas: 1	



ALÇADO ESTE



ALÇADO NORTE

Morada unifamiliar

Descrição:

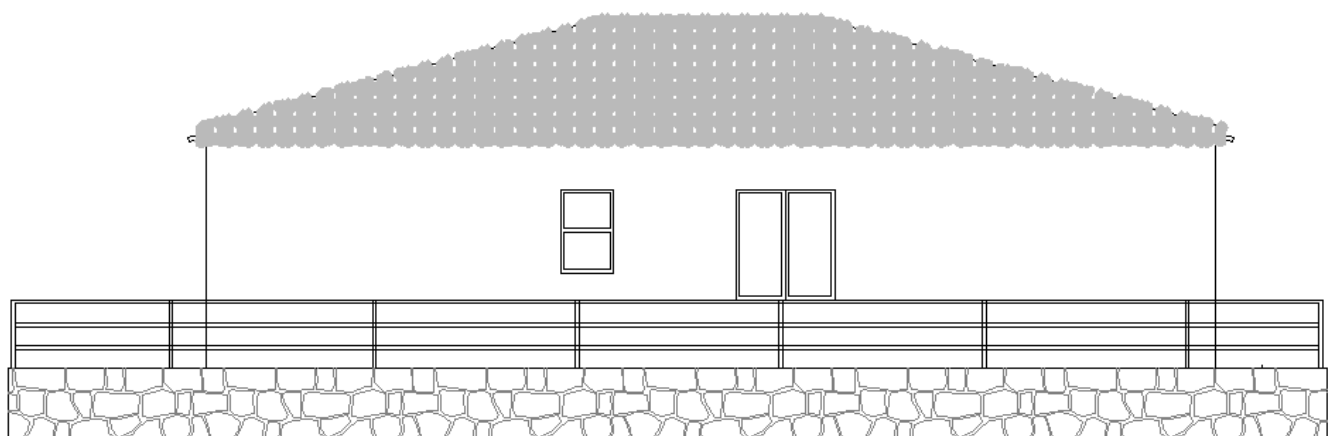
Engenheiro: Miguel Chaves

Alçados

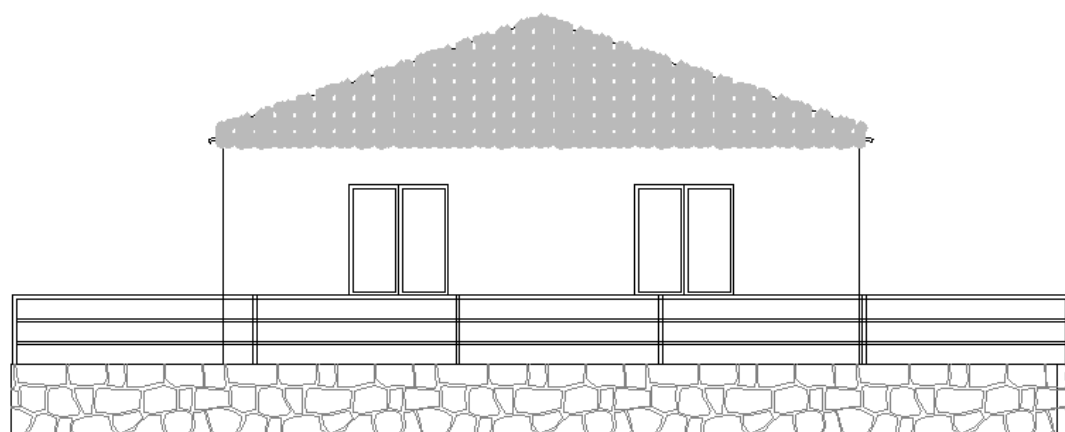
Escala: 1:100

Nº de Folhas:

2

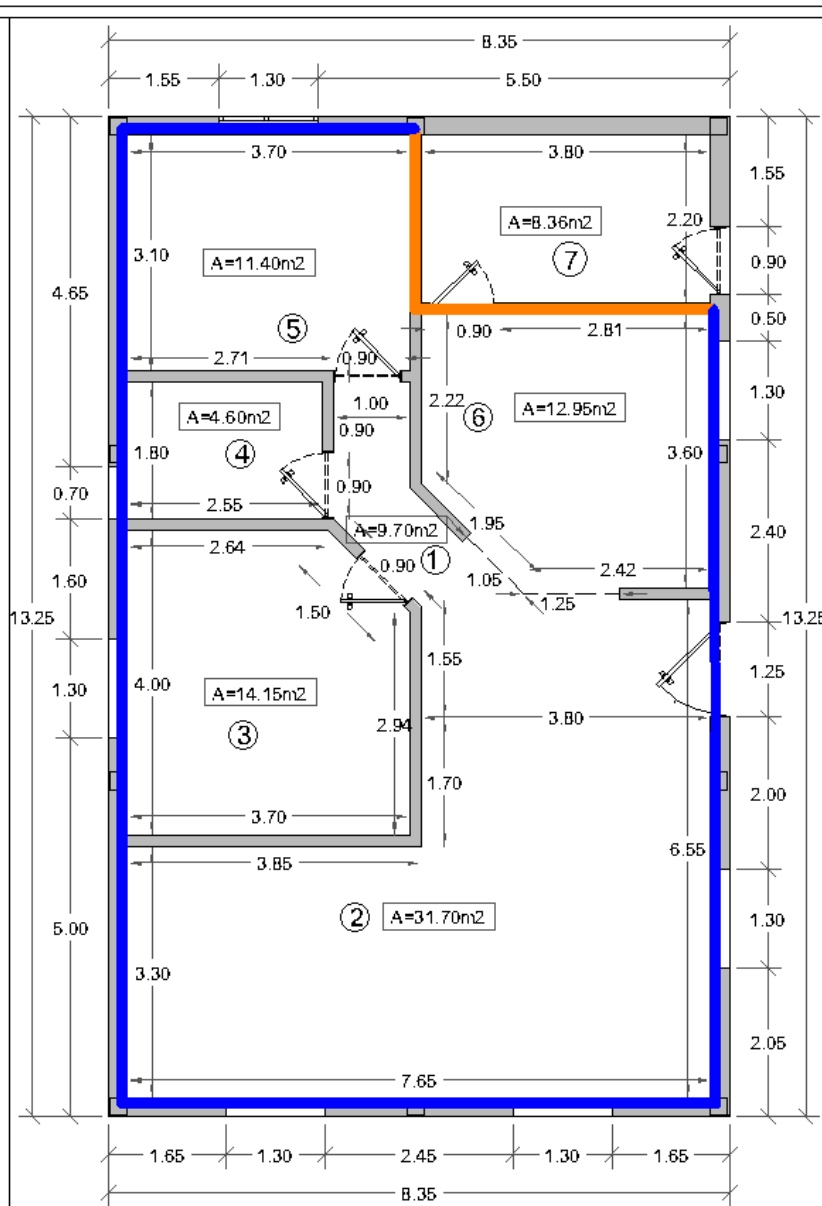


ALÇADO OESTE



ALÇADO SUL

Moradia unifamiliar		Descrição: Alçados
Engenheiro: Miguel Chaves		
Escola: 1:100	Nº de Folhas: 3	



LEGENDA:

- 1 CORREDOR
- 2 SALA DE ESTAR
- 3 QUARTO (1)
- 4 INST.SANITÁRIA
- 5 QUARTO (2)
- 6 COZINHA
- 7 LAVANDARIA

Morada unifamiliar

Engenheiro: Miguel Chaves

Escala: 1:100

Nº de Folhas

4

Descrição:

Delimitação da envolvente exterior e interior

— Envolvente Exterior

— Envolvente Interior

ANEXO II - Coeficiente de transmissão térmica

Parede Exterior

- Coeficiente de transmissão térmica (zona não húmida)

1) Determinação do Coeficiente de Transmissão térmica U									
Rsi =	0,13	m ² .°C/W	Rse =	0,04	m ² .°C/W				
<u>Resistência Térmica localizado entre o espaço de ar e o ambiente exterior</u>					R. ext. =	0,882	>	0,15	m ² .°C/W
Logo	Resistência térmica caixa de ar =				0,18	m ² .°C/W			
$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$									
U =	$\frac{1}{0,13 + 0,04 + 0,01 + 0,15 + 0,18 + 0,10 + 0,03 + 0,01}$								
					0,25	0,749347	0,625482	0,042	1,300
<=>	U =	0,68	W/m ² .°C	<	U _{máx} =	1,80	W/m ² .°C		
Zona Climática= I1									
Cumpre os requisitos mínimos do RCCTE									

- Coeficiente de transmissão térmica (zona húmida)

1) Determinação do Coeficiente de Transmissão térmica U										
Rsi =	0,13	m ² .°C/W	Rse =	0,04	m ² .°C/W					
<u>Resistência Térmica localizado entre o espaço de ar e o ambiente exterior</u>					R. ext. =	0,882	>	0,15	m ² .°C/W	
Logo	Resistência térmica caixa de ar =				0,18	m ² .°C/W				
$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$										
U =	$\frac{1}{0,13 + 0,04 + 0,01 + 0,01 + 0,15 + 0,18 + 0,10 + 0,03 + 0,01}$									
					1,3	1,3	0,749	0,625482	0,042	1,3
<=>	U =	0,69	W/(m ² .°C)	<	U _{máx} =	1,80	W/(m ² .°C)			
Zona Climática= I1										
Cumpre os requisitos mínimos do RCCTE										

Ponte térmica plana pilar e viga

- Coeficiente de transmissão térmica (zona não húmida)

1) Determinação do Coeficiente de Transmissão térmica U									
Rsi =	0,13	m ² .°C/W	Rse =	0,04	m ² .°C/W				
$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$									
U =	$\frac{1}{0,13 + 0,04 + 0,01 + 0,30 + 0,03 + 0,01}$								
					0,25	2	0,042	1,3	
<=>	U =	0,924	W/m ² .°C	<	U _{máx} =	1,36	W/m ² .°C		
Zona Climática= I1									
Cumpre os requisitos mínimos do RCCTE									

$U_{máx} = 2 * U_{zona\ corrente} = 2,00 * 0,68 = 1,36 \text{ W/(m}^2\text{.}^{\circ}\text{C)}$

- Coeficiente de transmissão térmica (zona húmida)

1) Determinação do Coeficiente de Transmissão térmica U																																							
Rsi =	0,13	m ² .°C/W	Rse =	0,04	m ² .°C/W																																		
$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$																																							
U =	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%;">0,13</td> <td style="width: 10%;">+ 0,04</td> <td style="width: 10%;">+ 0,01</td> <td style="width: 10%;">+ 0,01</td> <td style="width: 10%;">+ 0,30</td> <td style="width: 10%;">+ 0,03</td> <td style="width: 10%;">+ 0,01</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">1,3</td> <td style="text-align: center;">1,3</td> <td style="text-align: center;">2,00</td> <td style="text-align: center;">0,042</td> <td style="text-align: center;">1,3</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>									1										0,13	+ 0,04	+ 0,01	+ 0,01	+ 0,30	+ 0,03	+ 0,01						1,3	1,3	2,00	0,042	1,3			
1																																							
0,13	+ 0,04	+ 0,01	+ 0,01	+ 0,30	+ 0,03	+ 0,01																																	
		1,3	1,3	2,00	0,042	1,3																																	
<=>	U =	0,953	W/(m ² .°C)	<	U _{máx} =	1,38	W/(m ² .°C)	U _{máx} = 2*U _{zona corrente} = 2,00 *	0,69 =	1,38	W/(m ² .°C)																												
Zona Climática= I1 Cumpre os requisitos mínimos do RCCTE																																							

Parede de separação com local-não-aquecido

- Coeficiente de transmissão térmica – Quarto 2/lavandaria

1) Determinação do Coeficiente de Transmissão térmica U																																							
Rsi =	0,13	m ² .°C/W	Rse =Rsi=	0,13	m ² .°C/W																																		
$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$																																							
U =	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%;">0,13</td> <td style="width: 10%;">+ 0,13</td> <td style="width: 10%;">+ 0,01</td> <td style="width: 10%;">+ 0,10</td> <td style="width: 10%;">+ 0,03</td> <td style="width: 10%;">+ 0,01</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">0,25</td> <td style="text-align: center;">0,625482</td> <td style="text-align: center;">0,042</td> <td style="text-align: center;">1,3</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>									1										0,13	+ 0,13	+ 0,01	+ 0,10	+ 0,03	+ 0,01							0,25	0,625482	0,042	1,3				
1																																							
0,13	+ 0,13	+ 0,01	+ 0,10	+ 0,03	+ 0,01																																		
		0,25	0,625482	0,042	1,3																																		
<=>	U =	0,846	W/(m ² .°C)	<	U _{máx} =	1,80	W/(m ² .°C)	====>	Ai/Au = 1,00	====>	τ = 0,8																												
Zona Climática= I1 Cumpre os requisitos mínimos do RCCTE																																							

- Coeficiente de transmissão térmica – Cozinha/lavandaria

1) Determinação do Coeficiente de Transmissão térmica U																																							
Rsi =	0,13	m ² .°C/W	Rse =Rsi=	0,13	m ² .°C/W																																		
$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$																																							
U =	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%;">0,13</td> <td style="width: 10%;">+ 0,13</td> <td style="width: 10%;">+ 0,01</td> <td style="width: 10%;">+ 0,01</td> <td style="width: 10%;">+ 0,10</td> <td style="width: 10%;">+ 0,03</td> <td style="width: 10%;">+ 0,01</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">1,3</td> <td style="text-align: center;">1,3</td> <td style="text-align: center;">0,625</td> <td style="text-align: center;">0,042</td> <td style="text-align: center;">1,3</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>									1										0,13	+ 0,13	+ 0,01	+ 0,01	+ 0,10	+ 0,03	+ 0,01						1,3	1,3	0,625	0,042	1,3			
1																																							
0,13	+ 0,13	+ 0,01	+ 0,01	+ 0,10	+ 0,03	+ 0,01																																	
		1,3	1,3	0,625	0,042	1,3																																	
<=>	U =	0,870	W/(m ² .°C)	<	U _{máx} =	1,80	W/(m ² .°C)	====>	Ai/Au = 1,00	====>	τ = 0,8																												
Zona Climática= I1 Cumpre os requisitos mínimos do RCCTE																																							

Laje de teto

- Coeficiente de transmissão térmica

1) Determinação do Coeficiente de Transmissão térmica U											
Rsi =	0,1	m ² .°C/W	Rse = Rsi =	0,1	m ² .°C/W						
$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$											
U =	$\frac{1}{0,1 + 0,10 + \frac{0,01}{0,25} + \frac{0,16}{2} + 0,03}$										
<=>	U =	0,967	W/(m ² .°C)	<	U _{máx} =	1,25	W/(m ² .°C)	====>	Ai/Au = 0,81	====>	τ = 1
Zona Climática= I1 Cumpre os requisitos mínimos do RCCTE											

Porta de entrada principal

- Coeficiente de transmissão térmica

1) Determinação do Coeficiente de Transmissão térmica U											
Rsi =	0,13	m ² .°C/W	Rse =	0,04	m ² .°C/W						
$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$											
U =	$\frac{1}{0,13 + 0,04 + \frac{0,04}{0,23}}$										
<=>	U =	2,908	W/m ² .°C	>	U _{máx} =	1,80	W/(m ² .°C)	====>		====>	
Zona Climática= I1 Não cumpre os requisitos mínimos do RCCTE											

Porta de separação com local-não-aquecido

- Coeficiente de transmissão térmica

1) Determinação do Coeficiente de Transmissão térmica U											
Rsi =	0,13	m ² .°C/W	Rse = Rsi =	0,13	m ² .°C/W						
$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$											
U =	$\frac{1}{0,13 + 0,13 + \frac{0,04}{0,23}}$										
<=>	U =	2,426	W/m ² .°C	>	U _{máx} =	1,80	W/(m ² .°C)	====>	Ai/Au = 1,00	====>	τ = 0,8
Zona Climática= I1 Não cumpre os requisitos mínimos do RCCTE											

Características dos materiais utilizados

	condutibilidade térmica λ - (W/m.°C)	Massa volúmica aparente seca ρ -(Kg/m ³)	Referência
<i>Argamassa e Reboco Tradicional</i>	1,300	2000,00	pág. I.7 - ITE 50 LNEC
<i>Poliestireno expandido moldado (EPS)</i>	0,042	15,00	pág. I.3 - ITE 50 LNEC
<i>Betão Armado</i>	2,000	2400,00	pág. I.5 - ITE 50 LNEC
<i>Madeira Densa</i>	0,230	810,00	pág. I.7 - ITE 50 LNEC
<i>Madeira Semi-Densa</i>	0,180	657,50	pág. I.7 - ITE 50 LNEC
<i>Placa Gesso Cartonado</i>	0,250	875,00	pág. I.7 - ITE 50 LNEC
<i>Grés Cerâmico</i>	1,300	2300,00	pág. I.10 - ITE 50 LNEC
<i>Floormate 200</i>	0,035	30,00	Stotecnisol

	Resistência Térmica R_j - (m ² °C/W)	Massa m-(Kg/m ²)	Referência
<i>Bloco de Betão Normal Furado 0,10 m</i>	0,16	135	pág. I.12 - ITE 50 LNEC e pág. II.13 - ITE 12 LNEC
<i>Bloco de Betão Normal Furado 0,15 m</i>	0,2	175	pág. I.12 - ITE 50 LNEC e pág. II.13 - ITE 12 LNEC

Anexo III - Análise económica – VAL

- Sem dispositivos

Ano	Solução 1		Solução 2		Solução 3			Solução 4			Solução 5			Solução 6						
	Custo Exploração	Custo Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay back				
Ano 0	-181,04	-299,60	-	-	-314,48	-	-	-165,65	-	-	-242,01	-	-	-94,45	-	-				
Ano 1	425,14	-5,06	-4,66	-304,26	1,99	1,84	-312,64	18,73	17,25	-148,40	17,13	15,77	-226,24	24,86	22,89	-71,56				
Ano 2	429,39	-5,11	-4,34	-308,60	2,01	1,71	-310,94	18,92	16,04	-132,36	17,30	14,67	-211,57	25,11	21,29	-50,27				
Ano 3	435,83	-5,19	-4,05	-312,65	2,04	1,60	-309,34	19,20	14,99	-117,37	17,56	13,71	-197,86	25,49	19,90	-30,37				
Ano 4	442,37	-5,27	-3,79	-316,44	2,07	1,49	-307,85	19,49	14,01	-103,36	17,82	12,81	-185,05	25,87	18,60	-11,77				
Ano 5	450,33	-5,36	-3,55	-319,99	2,11	1,40	-306,45	19,84	13,14	-90,22	18,14	12,01	-173,04	26,34	17,43	5,66				
Ano 6	459,34	-5,47	-3,34	-323,32	2,15	1,31	-305,14	20,24	12,34	-77,88	18,51	11,28	-161,75	26,86	16,37	22,04				
Ano 7	468,52	-5,58	-3,13	-326,45	2,20	1,23	-303,91	20,64	11,59	-66,30	18,88	10,60	-151,16	27,40	15,38	37,42				
Ano 8	477,89	-5,69	-2,94	-329,40	2,24	1,16	-302,75	21,06	10,88	-55,41	19,25	9,95	-141,21	27,95	14,44	51,86				
Ano 9	487,45	-5,81	-2,76	-332,16	2,29	1,09	-301,66	21,48	10,22	-45,19	19,64	9,35	-131,86	28,51	13,57	65,43				
Ano 10	497,20	-5,92	-2,60	-334,75	2,33	1,02	-300,64	21,91	9,60	-35,59	20,03	8,78	-123,08	29,08	12,74	78,17				
Ano 11	507,15	-6,04	-2,44	-337,19	2,38	0,96	-299,68	22,35	9,02	-26,57	20,43	8,25	-114,84	29,66	11,97	90,14				
Ano 12	517,29	-6,16	-2,29	-339,48	2,42	0,90	-298,78	22,79	8,47	-18,10	20,84	7,74	-107,09	30,25	11,24	101,38				
Ano 13	527,63	-6,28	-2,15	-341,63	2,47	0,85	-297,93	23,25	7,95	-10,15	21,26	7,27	-99,82	30,86	10,56	111,94				
Ano 14	538,19	-6,41	-2,02	-343,65	2,52	0,79	-297,14	23,71	7,47	-2,68	21,68	6,83	-92,99	31,47	9,92	121,85				
Ano 15	548,95	-6,54	-1,90	-345,55	2,57	0,75	-296,39	24,19	7,02	4,34	22,12	6,42	-86,57	32,10	9,31	131,17				
Ano 16	559,93	-6,67	-1,78	-347,33	2,62	0,70	-295,69	24,67	6,59	10,93	22,56	6,03	-80,54	32,75	8,75	139,91				
Ano 17	571,13	-6,80	-1,67	-349,00	2,68	0,66	-295,03	25,17	6,19	17,12	23,01	5,66	-74,88	33,40	8,22	148,13				
Ano 18	582,55	-6,94	-1,57	-350,58	2,73	0,62	-294,41	25,67	5,81	22,93	23,47	5,32	-69,57	34,07	7,72	155,85				
Ano 19	594,20	-7,08	-1,48	-352,05	2,79	0,58	-293,83	26,18	5,46	28,39	23,94	4,99	-64,58	34,75	7,25	163,09				
Ano 20	606,09	-7,22	-1,39	-353,44	2,84	0,55	-293,29	26,71	5,13	33,52	24,42	4,69	-59,89	35,44	6,81	169,90				
Ano 21	618,21	-7,36	-1,30	-354,74	2,90	0,51	-292,78	27,24	4,82	38,34	24,91	4,40	-55,48	36,15	6,39	176,29				
Ano 22	630,57	-7,51	-1,22	-355,96	2,96	0,48	-292,29	27,78	4,52	42,86	25,41	4,14	-51,34	36,88	6,00	182,30				
Ano 23	643,18	-7,66	-1,15	-357,11	3,02	0,45	-291,84	28,34	4,25	47,11	25,91	3,89	-47,46	37,61	5,64	187,94				
Ano 24	656,05	-7,81	-1,08	-358,19	3,08	0,42	-291,42	28,91	3,99	51,10	26,43	3,65	-43,81	38,37	5,30	193,23				
Ano 25	669,17	-7,97	-1,01	-359,20	3,14	0,40	-291,02	29,48	3,75	54,85	26,96	3,43	-40,38	39,13	4,98	198,21				
Ano 26	682,55	-8,13	-0,95	-360,16	3,20	0,37	-290,64	30,07	3,52	58,37	27,50	3,22	-37,16	39,92	4,67	202,88				
Ano 27	696,20	-8,29	-0,89	-361,05	3,26	0,35	-290,29	30,68	3,31	61,68	28,05	3,02	-34,14	40,71	4,39	207,27				
Ano 28	710,13	-8,46	-0,84	-361,89	3,33	0,33	-289,96	31,29	3,11	64,79	28,61	2,84	-31,30	41,53	4,12	211,39				
Ano 29	724,33	-8,63	-0,79	-362,68	3,40	0,31	-289,65	31,92	2,92	67,70	29,18	2,67	-28,63	42,36	3,87	215,26				
Ano 30	738,81	-8,80	-0,74	-363,42	3,46	0,29	-289,36	32,55	2,74	70,44	29,77	2,51	-26,13	43,21	3,64	218,90				
Ano 31	753,59	-8,98	-0,70	-364,11	3,53	0,27	-289,09	33,20	2,57	73,02	30,36	2,35	-23,77	44,07	3,42	222,32				
Ano 32	768,66	-9,16	-0,65	-364,77	3,60	0,26	-288,83	33,87	2,42	75,43	30,97	2,21	-21,56	44,95	3,21	225,52				
Ano 33	784,04	-9,34	-0,61	-365,38	3,68	0,24	-288,59	34,55	2,27	77,70	31,59	2,08	-19,49	45,85	3,01	228,54				
Ano 34	799,72	-9,53	-0,58	-365,96	3,75	0,23	-288,36	35,24	2,13	79,83	32,22	1,95	-17,54	46,77	2,83	231,37				
Ano 35	815,71	-9,72	-0,54	-366,50	3,82	0,21	-288,15	35,94	2,00	81,84	32,87	1,83	-15,71	47,70	2,66	234,02				
Ano 36	832,03	-9,91	-0,51	-367,01	3,90	0,20	-287,95	36,66	1,88	83,72	33,52	1,72	-13,99	48,66	2,50	236,52				
Ano 37	848,67	-10,11	-0,48	-367,48	3,98	0,19	-287,76	37,39	1,77	85,48	34,19	1,62	-12,37	49,63	2,34	238,86				
Ano 38	865,64	-10,31	-0,45	-367,93	4,06	0,18	-287,58	38,14	1,66	87,14	34,88	1,52	-10,86	50,62	2,20	241,07				
Ano 39	882,95	-10,52	-0,42	-368,35	4,14	0,17	-287,42	38,90	1,56	88,70	35,57	1,42	-9,43	51,64	2,07	243,13				
Ano 40	900,61	-10,73	-0,40	-368,75	4,22	0,16	-287,26	39,68	1,46	90,17	36,29	1,34	-8,09	52,67	1,94	245,08				
Ano 41	918,62	-10,94	-0,37	-369,12	4,31	0,15	-287,12	40,48	1,37	91,54	37,01	1,26	-6,84	53,72	1,82	246,90				
Ano 42	937,00	-11,16	-0,35	-369,47	4,39	0,14	-286,98	41,29	1,29	92,83	37,75	1,18	-5,66	54,80	1,71	248,62				
Ano 43	955,74	-11,38	-0,33	-369,80	4,48	0,13	-286,85	42,11	1,21	94,04	38,51	1,11	-4,55	55,89	1,61	250,22				
Ano 44	974,85	-11,61	-0,31	-370,11	4,57	0,12	-286,73	42,95	1,14	95,18	39,28	1,04	-3,50	57,01	1,51	251,74				
Ano 45	994,35	-11,84	-0,29	-370,39	4,66	0,11	-286,61	43,81	1,07	96,25	40,06	0,98	-2,53	58,15	1,42	253,16				
Ano 46	1014,23	-12,08	-0,27	-370,67	4,75	0,11	-286,51	44,69	1,00	97,26	40,86	0,92	-1,61	59,31	1,33	254,49				
Ano 47	1034,52	-12,32	-0,26	-370,92	4,85	0,10	-286,41	45,58	0,94	98,20	41,68	0,86	-0,75	60,50	1,25	255,74				
Ano 48	1055,21	-12,57	-0,24	-371,16	4,95	0,09	-286,31	46,49	0,89	99,09	42,51	0,81	0,07	61,71	1,18	256,92				
Ano 49	1076,31	-12,82	-0,23	-371,39	5,05	0,09	-286,22	47,42	0,83	99,92	43,36	0,76	0,83	62,94	1,10	258,02				
Ano 50	1097,84	-13,08	-0,21	-371,60	5,15	0,08	-286,14	48,37	0,78	100,70	44,23	0,71	1,54	64,20	1,04	259,06				
		Val =	-371,60	€		Val =	-286,14	€		Val =	100,70	€		Val =	1,54	€		Val =	259,06	€

(continuação)

Ano	Solução 7			Solução 8			Solução 9			Solução 10			Solução 11			Solução 12		
	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay back
Ano 0	-202,18	-	-	-131,66	-	-	-172,67	-	-	-583,13	-	-	-307,46	-	-	-507,61	-	-
Ano 1	30,39	27,98	-174,20	17,33	15,96	-115,70	31,66	29,16	-143,51	48,50	44,66	-538,46	50,02	46,06	-261,40	61,46	56,60	-451,02
Ano 2	30,69	26,02	-148,18	17,51	14,84	-100,86	31,98	27,12	-116,40	48,99	41,54	-496,92	50,52	42,84	-218,56	62,08	52,63	-398,38
Ano 3	31,15	24,32	-123,86	17,77	13,87	-86,98	32,46	25,34	-91,05	49,72	38,82	-458,10	51,28	40,04	-178,52	63,01	49,19	-349,19
Ano 4	31,62	22,73	-101,13	18,04	12,97	-74,02	32,95	23,69	-67,37	50,47	36,28	-421,82	52,05	37,42	-141,10	63,95	45,98	-303,21
Ano 5	32,19	21,31	-79,82	18,36	12,15	-61,86	33,54	22,20	-45,16	51,38	34,01	-387,81	52,99	35,08	-106,03	65,10	43,10	-260,11
Ano 6	32,83	20,01	-59,81	18,73	11,42	-50,45	34,21	20,85	-24,31	52,41	31,94	-355,86	54,05	32,95	-73,08	66,41	40,48	-219,64
Ano 7	33,49	18,80	-41,01	19,10	10,72	-39,73	34,90	19,59	-4,72	53,45	30,00	-325,86	55,13	30,94	-42,14	67,73	38,02	-181,62
Ano 8	34,16	17,65	-23,35	19,48	10,07	-29,66	35,59	18,40	13,67	54,52	28,18	-297,68	56,23	29,06	-13,08	69,09	35,71	-145,91
Ano 9	34,84	16,58	-6,77	19,87	9,46	-20,20	36,31	17,28	30,95	55,61	26,47	-271,21	57,36	27,30	14,22	70,47	33,54	-112,37
Ano 10	35,54	15,57	8,80	20,27	8,88	-11,31	37,03	16,23	47,18	56,73	24,86	-246,35	58,50	25,64	39,86	71,88	31,50	-80,87
Ano 11	36,25	14,63	23,43	20,68	8,34	-2,97	37,77	15,24	62,42	57,86	23,35	-223,00	59,67	24,08	63,94	73,32	29,59	-51,28
Ano 12	36,97	13,74	37,17	21,09	7,84	4,87	38,53	14,32	76,74	59,02	21,93	-201,07	60,87	22,62	86,55	74,78	27,79	-23,50
Ano 13	37,71	12,90	50,07	21,51	7,36	12,23	39,30	13,45	90,18	60,20	20,60	-180,48	62,08	21,24	107,80	76,28	26,10	2,60
Ano 14	38,47	12,12	62,19	21,94	6,91	19,14	40,08	12,63	102,81	61,40	19,34	-161,13	63,32	19,95	127,75	77,81	24,51	27,12
Ano 15	39,24	11,38	73,57	22,38	6,49	25,63	40,89	11,86	114,67	62,63	18,17	-142,96	64,59	18,74	146,48	79,36	23,02	50,14
Ano 16	40,02	10,69	84,26	22,83	6,10	31,73	41,70	11,14	125,81	63,88	17,06	-125,90	65,88	17,60	164,08	80,95	21,62	71,76
Ano 17	40,82	10,04	94,30	23,29	5,73	37,46	42,54	10,46	136,28	65,16	16,03	-109,87	67,20	16,53	180,61	82,57	20,31	92,07
Ano 18	41,64	9,43	103,73	23,75	5,38	42,84	43,39	9,83	146,10	66,46	15,05	-94,82	68,54	15,53	196,14	84,22	19,08	111,15
Ano 19	42,47	8,86	112,59	24,23	5,05	47,89	44,26	9,23	155,33	67,79	14,14	-80,68	69,92	14,58	210,72	85,90	17,92	129,06
Ano 20	43,32	8,32	120,91	24,71	4,75	52,64	45,14	8,67	164,00	69,15	13,28	-67,40	71,31	13,70	224,42	87,62	16,83	145,89
Ano 21	44,19	7,81	128,73	25,20	4,46	57,09	46,04	8,14	172,15	70,53	12,47	-54,93	72,74	12,86	237,28	89,37	15,80	161,70
Ano 22	45,07	7,34	136,06	25,71	4,19	61,28	46,97	7,65	179,79	71,94	11,71	-43,21	74,19	12,08	249,36	91,16	14,84	176,54
Ano 23	45,97	6,89	142,96	26,22	3,93	65,21	47,90	7,18	186,98	73,38	11,00	-32,21	75,68	11,35	260,71	92,99	13,94	190,48
Ano 24	46,89	6,47	149,43	26,75	3,69	68,90	48,86	6,75	193,72	74,85	10,33	-21,87	77,19	10,66	271,36	94,84	13,09	203,58
Ano 25	47,83	6,08	155,51	27,28	3,47	72,37	49,84	6,34	200,06	76,35	9,71	-12,17	78,74	10,01	281,37	96,74	12,30	215,88
Ano 26	48,79	5,71	161,22	27,83	3,26	75,63	50,84	5,95	206,01	77,87	9,12	-3,05	80,31	9,40	290,78	98,68	11,55	227,43
Ano 27	49,76	5,36	166,59	28,38	3,06	78,69	51,85	5,59	211,60	79,43	8,56	5,51	81,92	8,83	299,61	100,65	10,85	238,28
Ano 28	50,76	5,04	171,63	28,95	2,87	81,56	52,89	5,25	216,85	81,02	8,04	13,55	83,56	8,29	307,90	102,66	10,19	248,47
Ano 29	51,77	4,73	176,36	29,53	2,70	84,26	53,95	4,93	221,78	82,64	7,55	21,10	85,23	7,79	315,69	104,72	9,57	258,04
Ano 30	52,81	4,44	180,80	30,12	2,54	86,80	55,03	4,63	226,41	84,29	7,09	28,20	86,93	7,32	323,01	106,81	8,99	267,03
Ano 31	53,86	4,17	184,98	30,72	2,38	89,18	56,13	4,35	230,76	85,98	6,66	34,86	88,67	6,87	329,88	108,95	8,44	275,47
Ano 32	54,94	3,92	188,90	31,34	2,24	91,41	57,25	4,09	234,85	87,70	6,26	41,12	90,44	6,45	336,33	111,13	7,93	283,40
Ano 33	56,04	3,68	192,58	31,97	2,10	93,51	58,40	3,84	238,68	89,45	5,88	47,00	92,25	6,06	342,39	113,35	7,45	290,85
Ano 34	57,16	3,46	196,04	32,60	1,97	95,49	59,56	3,60	242,29	91,24	5,52	52,52	94,10	5,69	348,09	115,62	7,00	297,84
Ano 35	58,30	3,25	199,29	33,26	1,85	97,34	60,75	3,38	245,67	93,07	5,18	57,70	95,98	5,35	353,43	117,93	6,57	304,41
Ano 36	59,47	3,05	202,34	33,92	1,74	99,08	61,97	3,18	248,85	94,93	4,87	62,57	97,90	5,02	358,46	120,29	6,17	310,58
Ano 37	60,66	2,87	205,20	34,60	1,63	100,72	63,21	2,99	251,84	96,82	4,57	67,15	99,86	4,72	363,17	122,69	5,80	316,38
Ano 38	61,87	2,69	207,89	35,29	1,54	102,25	64,47	2,80	254,64	98,76	4,30	71,44	101,85	4,43	367,60	125,15	5,44	321,82
Ano 39	63,11	2,53	210,42	36,00	1,44	103,69	65,76	2,63	257,27	100,74	4,03	75,48	103,89	4,16	371,76	127,65	5,11	326,94
Ano 40	64,37	2,37	212,79	36,72	1,35	105,05	67,08	2,47	259,75	102,75	3,79	79,27	105,97	3,91	375,67	130,20	4,80	331,74
Ano 41	65,66	2,23	215,02	37,45	1,27	106,32	68,42	2,32	262,07	104,81	3,56	82,83	108,09	3,67	379,34	132,81	4,51	336,25
Ano 42	66,97	2,09	217,12	38,20	1,19	107,51	69,79	2,18	264,25	106,90	3,34	86,17	110,25	3,45	382,79	135,46	4,24	340,48
Ano 43	68,31	1,97	219,09	38,97	1,12	108,63	71,18	2,05	266,30	109,04	3,14	89,31	112,45	3,24	386,03	138,17	3,98	344,46
Ano 44	69,68	1,85	220,93	39,74	1,05	109,69	72,61	1,93	268,23	111,22	2,95	92,26	114,70	3,04	389,07	140,93	3,74	348,20
Ano 45	71,07	1,74	222,67	40,54	0,99	110,68	74,06	1,81	270,04	113,45	2,77	95,03	117,00	2,86	391,93	143,75	3,51	351,71
Ano 46	72,49	1,63	224,30	41,35	0,93	111,61	75,54	1,70	271,74	115,71	2,60	97,63	119,34	2,68	394,61	146,63	3,30	355,01
Ano 47	73,94	1,53	225,83	42,18	0,87	112,48	77,05	1,60	273,33	118,03	2,44	100,07	121,72	2,52	397,13	149,56	3,10	358,10
Ano 48	75,42	1,44	227,27	43,02	0,82	113,30	78,59	1,50	274,83	120,39	2,29	102,37	124,16	2,37	399,50	152,55	2,91	361,01
Ano 49	76,93	1,35	228,62	43,88	0,77	114,07	80,16	1,41	276,24	122,80	2,16	104,52	126,64	2,22	401,72	155,60	2,73	363,74
Ano 50	78,47	1,27	229,89	44,76	0,72	114,79	81,77	1,32	277,56	125,25	2,02	106,55	129,18	2,09	403,81	158,72	2,57	366,31
Val =	229,89	€		114,79	€		277,56	€		106,55	€		403,81	€		366,31	€	

- Cortina interior opaca

Ano	Solução 1			Solução 2			Solução 3			Solução 4			Solução 5			Solução 6		
	Custo Exploração	actualização/ desconto	Retorno investimento	Custo Exploração	actualização/ desconto	Retorno investimento	Custo de Exploração	actualização/ desconto	Retorno investimento	Custo de Exploração	actualização/ desconto	Retorno investimento	Custo de Exploração	actualização/ desconto	Retorno investimento	Custo de Exploração	actualização/ desconto	Retorno investimento
Ano 0	-56,03	-	-	-355,63	-	-	-370,51	-	-	-221,69	-	-	-298,05	-	-	-150,49	-	-
Ano 1	43,13	39,71	-16,32	41,32	38,05	-317,58	43,83	40,36	-330,15	40,13	36,95	-184,73	39,47	36,35	-261,70	43,19	39,77	-110,72
Ano 2	43,56	36,93	20,61	41,73	35,39	-282,20	44,27	37,53	-292,62	40,53	34,37	-150,37	39,87	33,80	-227,89	43,62	36,98	-73,74
Ano 3	44,21	34,52	55,13	42,36	33,07	-249,12	44,93	35,08	-257,54	41,14	32,12	-118,25	40,47	31,59	-196,30	44,27	34,57	-39,17
Ano 4	44,88	32,26	87,40	43,00	30,91	-218,21	45,61	32,79	-224,75	41,76	30,02	-88,23	41,07	29,53	-166,77	44,94	32,31	-6,87
Ano 5	45,68	30,24	117,64	43,77	28,97	-189,24	46,43	30,73	-194,02	42,51	28,14	-60,08	41,81	27,68	-139,09	45,75	30,28	23,42
Ano 6	46,60	28,40	146,04	44,64	27,21	-162,02	47,36	28,87	-165,15	43,36	26,43	-33,65	42,65	26,00	-113,09	46,66	28,44	51,86
Ano 7	47,53	26,68	172,72	45,54	25,56	-136,47	48,30	27,11	-138,04	44,23	24,82	-8,83	43,50	24,42	-88,68	47,59	26,71	78,57
Ano 8	48,48	25,06	197,78	46,45	24,01	-112,46	49,27	25,46	-112,58	45,11	23,32	14,49	44,37	22,93	-65,74	48,55	25,09	103,67
Ano 9	49,45	23,53	221,31	47,38	22,55	-89,91	50,25	23,92	-88,66	46,01	21,90	36,38	45,26	21,54	-44,20	49,52	23,57	127,23
Ano 10	50,44	22,10	243,42	48,32	21,18	-68,73	51,26	22,46	-66,20	46,93	20,57	56,95	46,16	20,23	-23,97	50,51	22,13	149,37
Ano 11	51,45	20,76	264,18	49,29	19,89	-48,84	52,28	21,10	-45,10	47,87	19,32	76,27	47,09	19,00	-4,97	51,52	20,79	170,15
Ano 12	52,48	19,50	283,68	50,28	18,68	-30,16	53,33	19,82	-25,28	48,83	18,14	94,41	48,03	17,85	12,88	52,55	19,53	189,68
Ano 13	53,53	18,31	301,99	51,28	17,55	-12,62	54,40	18,61	-6,67	49,81	17,04	111,46	48,99	16,76	29,64	53,60	18,34	208,02
Ano 14	54,60	17,20	319,19	52,31	16,48	3,86	55,48	17,48	10,81	50,80	16,01	127,46	49,97	15,74	45,38	54,67	17,22	225,24
Ano 15	55,69	16,16	335,35	53,35	15,48	19,34	56,59	16,42	27,23	51,82	15,03	142,49	50,97	14,79	60,17	55,76	16,18	241,42
Ano 16	56,80	15,17	350,52	54,42	14,54	33,88	57,73	15,42	42,65	52,86	14,12	156,61	51,99	13,89	74,06	56,88	15,19	256,61
Ano 17	57,94	14,25	364,77	55,51	13,65	47,53	58,88	14,48	57,13	53,91	13,26	169,87	53,03	13,04	87,10	58,02	14,27	270,88
Ano 18	59,10	13,39	378,16	56,62	12,82	60,36	60,06	13,60	70,73	54,99	12,46	182,33	54,09	12,25	99,35	59,18	13,40	284,29
Ano 19	60,28	12,57	390,73	57,75	12,04	72,40	61,26	12,78	83,51	56,09	11,70	194,03	55,17	11,51	110,86	60,36	12,59	296,88
Ano 20	61,49	11,81	402,54	58,91	11,31	83,72	62,48	12,00	95,51	57,21	10,99	205,02	56,27	10,81	121,66	61,57	11,82	308,70
Ano 21	62,72	11,09	413,63	60,09	10,63	94,34	63,73	11,27	106,78	58,36	10,32	215,33	57,40	10,15	131,81	62,80	11,11	319,81
Ano 22	63,97	10,42	424,05	61,29	9,98	104,32	65,01	10,59	117,37	59,52	9,69	225,03	58,55	9,53	141,35	64,06	10,43	330,24
Ano 23	65,25	9,78	433,83	62,51	9,37	113,69	66,31	9,94	127,31	60,71	9,10	234,13	59,72	8,95	150,30	65,34	9,80	340,03
Ano 24	66,55	9,19	443,02	63,76	8,80	122,50	67,64	9,34	136,65	61,93	8,55	242,68	60,91	8,41	158,71	66,64	9,20	349,23
Ano 25	67,88	8,63	451,65	65,04	8,27	130,77	68,99	8,77	145,42	63,17	8,03	250,71	62,13	7,90	166,61	67,98	8,64	357,87
Ano 26	69,24	8,11	459,75	66,34	7,77	138,53	70,37	8,24	153,65	64,43	7,54	258,25	63,37	7,42	174,03	69,34	8,12	365,99
Ano 27	70,63	7,61	467,37	67,67	7,29	145,83	71,77	7,74	161,39	65,72	7,08	265,34	64,64	6,97	181,00	70,72	7,62	373,62
Ano 28	72,04	7,15	474,52	69,02	6,85	152,68	73,21	7,27	168,66	67,03	6,65	271,99	65,93	6,54	187,54	72,14	7,16	380,78
Ano 29	73,48	6,72	481,23	70,40	6,43	159,11	74,67	6,83	175,48	68,37	6,25	278,24	67,25	6,15	193,69	73,58	6,72	387,50
Ano 30	74,95	6,31	487,54	71,81	6,04	165,16	76,17	6,41	181,89	69,74	5,87	284,11	68,60	5,77	199,46	75,05	6,32	393,82
Ano 31	76,45	5,92	493,47	73,24	5,68	170,83	77,69	6,02	187,91	71,14	5,51	289,62	69,97	5,42	204,89	76,55	5,93	399,75
Ano 32	77,98	5,56	499,03	74,71	5,33	176,16	79,25	5,65	193,57	72,56	5,18	294,80	71,37	5,09	209,98	78,08	5,57	405,32
Ano 33	79,54	5,23	504,26	76,20	5,01	181,17	80,83	5,31	198,88	74,01	4,86	299,66	72,80	4,78	214,76	79,64	5,23	410,55
Ano 34	81,13	4,91	509,16	77,73	4,70	185,87	82,45	4,99	203,87	75,49	4,57	304,23	74,25	4,49	219,25	81,24	4,92	415,47
Ano 35	82,75	4,61	513,78	79,28	4,42	190,29	84,10	4,69	208,55	77,00	4,29	308,52	75,74	4,22	223,47	82,86	4,62	420,09
Ano 36	84,41	4,33	518,11	80,87	4,15	194,44	85,78	4,40	212,95	78,54	4,03	312,55	77,25	3,96	227,44	84,52	4,34	424,42
Ano 37	86,09	4,07	522,17	82,48	3,90	198,33	87,49	4,13	217,09	80,11	3,78	316,33	78,80	3,72	231,16	86,21	4,07	428,49
Ano 38	87,82	3,82	525,99	84,13	3,66	201,99	89,24	3,88	220,97	81,71	3,55	319,89	80,37	3,50	234,65	87,93	3,82	432,32
Ano 39	89,57	3,59	529,58	85,82	3,44	205,43	91,03	3,65	224,61	83,35	3,34	323,23	81,98	3,28	237,94	89,69	3,59	435,91
Ano 40	91,36	3,37	532,95	87,53	3,23	208,66	92,85	3,42	228,04	85,01	3,14	326,36	83,62	3,08	241,02	91,49	3,37	439,29
Ano 41	93,19	3,16	536,11	89,28	3,03	211,69	94,71	3,22	231,26	86,71	2,94	329,31	85,29	2,90	243,92	93,32	3,17	442,45
Ano 42	95,06	2,97	539,09	91,07	2,85	214,54	96,60	3,02	234,28	88,45	2,77	332,07	87,00	2,72	246,64	95,18	2,98	445,43
Ano 43	96,96	2,79	541,88	92,89	2,67	217,21	98,53	2,84	237,11	90,22	2,60	334,67	88,74	2,56	249,20	97,09	2,80	448,23
Ano 44	98,90	2,62	544,50	94,75	2,51	219,73	100,50	2,66	239,78	92,02	2,44	337,11	90,51	2,40	251,60	99,03	2,63	450,85
Ano 45	100,87	2,46	546,96	96,64	2,36	222,09	102,51	2,50	242,28	93,86	2,29	339,40	92,32	2,25	253,85	101,01	2,47	453,32
Ano 46	102,89	2,31	549,28	98,58	2,22	224,30	104,56	2,35	244,63	95,74	2,15	341,56	94,17	2,12	255,97	103,03	2,32	455,63
Ano 47	104,95	2,17	551,45	100,55	2,08	226,38	106,65	2,21	246,84	97,65	2,02	343,58	96,05	1,99	257,95	105,09	2,18	457,81
Ano 48	107,05	2,04	553,49	102,56	1,95	228,34	108,79	2,07	248,91	99,61	1,90	345,48	97,98	1,87	259,82	107,19	2,04	459,85
Ano 49	109,19	1,92	555,41	104,61	1,84	230,18	110,96	1,95	250,86	101,60	1,78	347,26	99,93	1,75	261,58	109,33	1,92	461,77
Ano 50	111,37	1,80	557,21	106,70	1,72	231,90	113,18	1,83	252,69	103,63	1,67	348,93	101,93	1,65	263,22	111,52	1,80	463,58
Val =	557,21	€		231,90	€		252,69	€		348,93	€		263,22	€		463,58	€	

(continuação)

Ano	Solução 7			Solução 8			Solução 9			Solução 10			Solução 11			Solução 12		
	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay
Ano 0	-258,22	-	-	-187,69	-	-	-228,71	-	-	-639,16	-	-	-363,49	-	-	-563,65	-	-
Ano 1	45,83	42,20	-216,02	47,87	44,08	-143,61	48,49	44,65	-184,06	58,13	53,53	-585,63	59,01	54,33	-309,16	65,79	60,58	-503,07
Ano 2	46,29	39,25	-176,77	48,35	41,00	-102,61	48,97	41,52	-142,53	58,71	49,78	-535,85	59,60	50,53	-258,63	66,45	56,34	-446,73
Ano 3	46,98	36,68	-140,09	49,08	38,32	-64,30	49,71	38,81	-103,73	59,59	46,53	-489,32	60,49	47,23	-211,40	67,45	52,66	-394,07
Ano 4	47,69	34,28	-105,80	49,81	35,81	-28,49	50,45	36,27	-67,45	60,49	43,49	-445,84	61,40	44,14	-167,26	68,46	49,22	-344,85
Ano 5	48,55	32,14	-73,67	50,71	33,57	5,08	51,36	34,00	-33,45	61,58	40,76	-405,07	62,50	41,38	-125,89	69,69	46,13	-298,72
Ano 6	49,52	30,18	-43,48	51,72	31,53	36,61	52,39	31,93	-1,52	62,81	38,29	-366,79	63,75	38,86	-87,03	71,08	43,33	-255,39
Ano 7	50,51	28,35	-15,13	52,76	29,61	66,23	53,44	29,99	28,47	64,06	35,96	-330,83	65,03	36,50	-50,53	72,51	40,70	-214,69
Ano 8	51,52	26,63	11,50	53,81	27,81	94,04	54,50	28,17	56,64	65,35	33,77	-297,05	66,33	34,28	-16,24	73,96	38,22	-176,47
Ano 9	52,55	25,01	36,50	54,89	26,12	120,16	55,59	26,46	83,10	66,65	31,72	-265,33	67,65	32,20	15,95	75,43	35,90	-140,57
Ano 10	53,60	23,49	59,99	55,99	24,54	144,70	56,71	24,85	107,95	67,99	29,79	-235,54	69,01	30,24	46,20	76,94	33,72	-106,85
Ano 11	54,67	22,06	82,05	57,11	23,04	167,74	57,84	23,34	131,29	69,35	27,98	-207,56	70,39	28,40	74,60	78,48	31,67	-75,18
Ano 12	55,76	20,72	102,77	58,25	21,64	189,39	59,00	21,92	153,21	70,73	26,28	-181,28	71,80	26,68	101,28	80,05	29,74	-45,43
Ano 13	56,88	19,46	122,24	59,42	20,33	209,72	60,18	20,59	173,80	72,15	24,68	-156,59	73,23	25,06	126,33	81,65	27,94	-17,50
Ano 14	58,02	18,28	140,51	60,60	19,09	228,81	61,38	19,34	193,14	73,59	23,18	-133,41	74,70	23,53	149,87	83,29	26,24	8,74
Ano 15	59,18	17,17	157,68	61,82	17,93	246,74	62,61	18,16	211,30	75,06	21,78	-111,63	76,19	22,10	171,97	84,95	24,64	33,39
Ano 16	60,36	16,12	173,81	63,05	16,84	263,59	63,86	17,06	228,36	76,56	20,45	-91,18	77,71	20,76	192,73	86,65	23,15	56,54
Ano 17	61,57	15,14	188,95	64,31	15,82	279,40	65,14	16,02	244,39	78,09	19,21	-71,97	79,27	19,50	212,23	88,38	21,74	78,28
Ano 18	62,80	14,22	203,17	65,60	14,86	294,26	66,44	15,05	259,43	79,66	18,04	-53,93	80,85	18,31	230,54	90,15	20,42	98,69
Ano 19	64,06	13,36	216,53	66,91	13,96	308,22	67,77	14,13	273,57	81,25	16,95	-36,98	82,47	17,20	247,74	91,95	19,18	117,87
Ano 20	65,34	12,55	229,08	68,25	13,11	321,32	69,12	13,28	286,84	82,87	15,92	-21,07	84,12	16,15	263,90	93,79	18,01	135,89
Ano 21	66,64	11,79	240,87	69,61	12,31	333,63	70,51	12,47	299,31	84,53	14,95	-6,12	85,80	15,17	279,07	95,67	16,92	152,80
Ano 22	67,98	11,07	251,94	71,01	11,56	345,20	71,92	11,71	311,02	86,22	14,04	7,92	87,52	14,25	293,32	97,58	15,89	168,69
Ano 23	69,34	10,40	262,33	72,43	10,86	356,06	73,36	11,00	322,02	87,95	13,19	21,11	89,27	13,38	306,70	99,53	14,92	183,62
Ano 24	70,72	9,76	272,10	73,88	10,20	366,26	74,82	10,33	332,35	89,71	12,39	33,49	91,05	12,57	319,28	101,52	14,02	197,63
Ano 25	72,14	9,17	281,27	75,35	9,58	375,84	76,32	9,70	342,05	91,50	11,63	45,13	92,88	11,81	331,08	103,56	13,17	210,80
Ano 26	73,58	8,61	289,88	76,86	9,00	384,83	77,85	9,11	351,17	93,33	10,93	56,05	94,73	11,09	342,17	105,63	12,37	223,16
Ano 27	75,05	8,09	297,97	78,40	8,45	393,28	79,40	8,56	359,73	95,20	10,26	66,31	96,63	10,42	352,59	107,74	11,61	234,78
Ano 28	76,55	7,60	305,57	79,96	7,94	401,22	80,99	8,04	367,77	97,10	9,64	75,95	98,56	9,78	362,37	109,89	10,91	245,69
Ano 29	78,08	7,14	312,71	81,56	7,45	408,68	82,61	7,55	375,32	99,04	9,05	85,00	100,53	9,19	371,56	112,09	10,24	255,93
Ano 30	79,65	6,70	319,41	83,20	7,00	415,68	84,26	7,09	382,41	101,02	8,50	93,51	102,54	8,63	380,19	114,33	9,62	265,55
Ano 31	81,24	6,30	325,70	84,86	6,58	422,25	85,95	6,66	389,07	103,04	7,99	101,49	104,59	8,11	388,30	116,62	9,04	274,59
Ano 32	82,86	5,91	331,62	86,56	6,18	428,43	87,67	6,26	395,32	105,10	7,50	108,99	106,68	7,61	395,91	118,95	8,49	283,08
Ano 33	84,52	5,55	337,17	88,29	5,80	434,23	89,42	5,88	401,20	107,21	7,04	116,04	108,82	7,15	403,06	121,33	7,97	291,05
Ano 34	86,21	5,22	342,39	90,05	5,45	439,68	91,21	5,52	406,72	109,35	6,62	122,65	110,99	6,72	409,77	123,76	7,49	298,54
Ano 35	87,93	4,90	347,29	91,85	5,12	444,80	93,03	5,18	411,90	111,54	6,21	128,87	113,21	6,31	416,08	126,23	7,03	305,57
Ano 36	89,69	4,60	351,89	93,69	4,81	449,60	94,89	4,87	416,77	113,77	5,84	134,70	115,48	5,92	422,01	128,76	6,61	312,18
Ano 37	91,49	4,32	356,21	95,57	4,51	454,12	96,79	4,57	421,34	116,04	5,48	140,18	117,79	5,56	427,57	131,33	6,20	318,38
Ano 38	93,32	4,06	360,27	97,48	4,24	458,36	98,73	4,29	425,64	118,36	5,15	145,33	120,14	5,23	432,80	133,96	5,83	324,21
Ano 39	95,18	3,81	364,08	99,43	3,98	462,34	100,70	4,03	429,67	120,73	4,84	150,17	122,55	4,91	437,70	136,64	5,47	329,68
Ano 40	97,09	3,58	367,66	101,41	3,74	466,08	102,72	3,79	433,46	123,15	4,54	154,71	125,00	4,61	442,31	139,37	5,14	334,82
Ano 41	99,03	3,36	371,02	103,44	3,51	469,59	104,77	3,56	437,02	125,61	4,27	158,98	127,50	4,33	446,64	142,16	4,83	339,65
Ano 42	101,01	3,16	374,18	105,51	3,30	472,89	106,87	3,34	440,36	128,12	4,01	162,98	130,05	4,07	450,71	145,00	4,53	344,18
Ano 43	103,03	2,97	377,15	107,62	3,10	475,99	109,00	3,14	443,50	130,68	3,76	166,75	132,65	3,82	454,53	147,90	4,26	348,44
Ano 44	105,09	2,79	379,94	109,77	2,91	478,90	111,18	2,95	446,44	133,30	3,53	170,28	135,30	3,59	458,12	150,86	4,00	352,44
Ano 45	107,19	2,62	382,55	111,97	2,73	481,64	113,41	2,77	449,21	135,96	3,32	173,60	138,01	3,37	461,49	153,88	3,76	356,20
Ano 46	109,34	2,46	385,01	114,21	2,57	484,20	115,67	2,60	451,81	138,68	3,12	176,72	140,77	3,16	464,65	156,96	3,53	359,73
Ano 47	111,52	2,31	387,32	116,49	2,41	486,62	117,99	2,44	454,26	141,46	2,93	179,65	143,58	2,97	467,63	160,09	3,31	363,04
Ano 48	113,75	2,17	389,49	118,82	2,27	488,88	120,35	2,29	456,55	144,29	2,75	182,40	146,46	2,79	470,42	163,30	3,11	366,15
Ano 49	116,03	2,04	391,53	121,20	2,13	491,01	122,75	2,15	458,70	147,17	2,58	184,98	149,38	2,62	473,04	166,56	2,92	369,08
Ano 50	118,35	1,91	393,44	123,62	2,00	493,01	125,21	2,02	460,73	150,11	2,43	187,41	152,37	2,46	475,50	169,89	2,75	371,82
	Val =	393,44	€	Val =	493,01	€	Val =	460,73	€	Val =	187,41	€	Val =	475,50	€	Val =	371,82	€

- Portada de lâminas fixas

Ano	Solução 1			Solução 2			Solução 3			Solução 4			Solução 5			Solução 6		
	Custo Exploração	atualização/desconto	Retorno investimento-pay back	Custo Exploração	atualização/desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	atualização/desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	atualização/desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	atualização/desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	atualização/desconto	Retorno investimento-pay back
Ano 0	-1504,33	-	-	-1803,92	-	-	-1818,81	-	-	-1669,98	-	-	-1746,34	-	-	-1598,78	-	-
Ano 1	55,69	51,28	-1453,05	55,01	50,65	-1753,27	55,94	51,51	-1767,29	57,59	53,03	-1616,95	57,66	53,09	-1693,25	58,35	53,72	-1545,06
Ano 2	56,25	47,69	-1405,36	55,56	47,11	-1706,16	56,50	47,91	-1719,38	58,17	49,32	-1567,63	58,24	49,38	-1643,87	58,93	49,97	-1495,09
Ano 3	57,09	44,57	-1360,79	56,39	44,03	-1662,14	57,35	44,78	-1674,61	59,04	46,10	-1521,53	59,11	46,15	-1597,72	59,81	46,70	-1448,39
Ano 4	57,95	41,66	-1319,13	57,24	41,15	-1620,99	58,21	41,85	-1632,76	59,93	43,08	-1478,45	60,00	43,13	-1554,59	60,71	43,65	-1404,75
Ano 5	58,99	39,05	-1280,08	58,27	38,57	-1582,41	59,26	39,23	-1593,53	61,01	40,39	-1438,06	61,08	40,43	-1514,16	61,80	40,91	-1363,84
Ano 6	60,17	36,68	-1243,40	59,43	36,23	-1546,18	60,45	36,85	-1556,68	62,23	37,93	-1400,13	62,30	37,97	-1476,18	63,04	38,43	-1325,41
Ano 7	61,37	34,45	-1208,96	60,62	34,03	-1512,16	61,65	34,61	-1522,07	63,47	35,63	-1364,50	63,54	35,67	-1440,52	64,31	36,09	-1289,32
Ano 8	62,60	32,35	-1176,60	61,84	31,96	-1480,20	62,89	32,50	-1489,57	64,74	33,46	-1331,04	64,81	33,50	-1407,02	65,59	33,90	-1255,42
Ano 9	63,85	30,39	-1146,21	63,07	30,02	-1450,18	64,14	30,53	-1459,04	66,04	31,43	-1299,62	66,11	31,46	-1375,56	66,90	31,84	-1223,58
Ano 10	65,13	28,54	-1117,67	64,33	28,19	-1421,99	65,43	28,67	-1430,37	67,36	29,52	-1270,10	67,43	29,55	-1346,00	68,23	29,90	-1193,68
Ano 11	66,43	26,81	-1090,87	65,62	26,48	-1395,51	66,74	26,93	-1403,44	68,70	27,72	-1242,37	68,78	27,75	-1318,25	69,60	28,09	-1165,60
Ano 12	67,76	25,18	-1065,69	66,93	24,87	-1370,64	68,07	25,29	-1378,15	70,08	26,04	-1216,34	70,16	26,07	-1292,18	70,99	26,38	-1139,22
Ano 13	69,11	23,65	-1042,04	68,27	23,36	-1347,28	69,43	23,76	-1354,39	71,48	24,46	-1191,88	71,56	24,48	-1267,70	72,41	24,78	-1114,44
Ano 14	70,50	22,21	-1019,83	69,64	21,94	-1325,34	70,82	22,31	-1332,08	72,91	22,97	-1168,91	72,99	23,00	-1244,70	73,86	23,27	-1091,17
Ano 15	71,91	20,86	-998,97	71,03	20,61	-1304,73	72,24	20,96	-1311,12	74,37	21,57	-1147,34	74,45	21,60	-1223,10	75,34	21,86	-1069,32
Ano 16	73,34	19,59	-979,38	72,45	19,35	-1285,38	73,68	19,68	-1291,44	75,85	20,26	-1127,07	75,94	20,29	-1202,82	76,84	20,53	-1048,79
Ano 17	74,81	18,40	-960,98	73,90	18,18	-1267,20	75,16	18,49	-1272,95	77,37	19,03	-1108,04	77,46	19,05	-1183,76	78,38	19,28	-1029,51
Ano 18	76,31	17,28	-943,69	75,38	17,07	-1250,13	76,66	17,36	-1255,59	78,92	17,87	-1090,17	79,01	17,89	-1165,87	79,95	18,11	-1011,40
Ano 19	77,83	16,23	-927,46	76,88	16,04	-1234,09	78,19	16,31	-1239,28	80,50	16,79	-1073,38	80,59	16,81	-1149,06	81,55	17,01	-994,39
Ano 20	79,39	15,25	-912,21	78,42	15,06	-1219,03	79,76	15,32	-1223,97	82,11	15,77	-1057,61	82,20	15,79	-1133,28	83,18	15,97	-978,42
Ano 21	80,98	14,32	-897,89	79,99	14,15	-1204,89	81,35	14,39	-1209,58	83,75	14,81	-1042,80	83,84	14,83	-1118,45	84,84	15,00	-963,42
Ano 22	82,60	13,45	-884,44	81,59	13,29	-1191,60	82,98	13,51	-1196,07	85,42	13,91	-1028,89	85,52	13,93	-1104,52	86,54	14,09	-949,33
Ano 23	84,25	12,63	-871,81	83,22	12,48	-1179,12	84,64	12,69	-1183,38	87,13	13,06	-1015,83	87,23	13,08	-1091,44	88,27	13,23	-936,09
Ano 24	85,94	11,86	-859,95	84,89	11,72	-1167,40	86,33	11,92	-1171,46	88,87	12,27	-1003,56	88,98	12,28	-1079,16	90,03	12,43	-923,66
Ano 25	87,65	11,14	-848,80	86,58	11,01	-1156,40	88,06	11,19	-1160,26	90,65	11,52	-992,03	90,75	11,54	-1067,62	91,84	11,68	-911,99
Ano 26	89,41	10,47	-838,34	88,32	10,34	-1146,06	89,82	10,51	-1149,75	92,47	10,82	-981,21	92,57	10,84	-1056,79	93,67	10,97	-901,02
Ano 27	91,20	9,83	-828,51	90,08	9,71	-1136,35	91,61	9,88	-1139,87	94,31	10,17	-971,04	94,42	10,18	-1046,61	95,55	10,30	-890,72
Ano 28	93,02	9,23	-819,27	91,88	9,12	-1127,23	93,45	9,28	-1130,60	96,20	9,55	-961,49	96,31	9,56	-1037,05	97,46	9,67	-881,05
Ano 29	94,88	8,67	-810,60	93,72	8,57	-1118,66	95,32	8,71	-1121,89	98,13	8,97	-952,52	98,24	8,98	-1028,07	99,41	9,09	-871,96
Ano 30	96,78	8,14	-802,46	95,60	8,05	-1110,62	97,22	8,18	-1113,70	100,09	8,42	-944,10	100,20	8,43	-1019,64	101,39	8,53	-863,43
Ano 31	98,71	7,65	-794,81	97,51	7,56	-1103,06	99,17	7,68	-1106,02	102,09	7,91	-936,19	102,20	7,92	-1011,72	103,42	8,01	-855,41
Ano 32	100,69	7,18	-787,62	99,46	7,10	-1095,96	101,15	7,22	-1098,80	104,13	7,43	-928,76	104,25	7,44	-1004,28	105,49	7,53	-847,89
Ano 33	102,70	6,75	-780,87	101,45	6,67	-1089,30	103,17	6,78	-1092,02	106,21	6,98	-921,78	106,33	6,99	-997,29	107,60	7,07	-840,82
Ano 34	104,75	6,34	-774,54	103,48	6,26	-1083,04	105,24	6,37	-1085,66	108,34	6,55	-915,22	108,46	6,56	-990,73	109,75	6,64	-834,18
Ano 35	106,85	5,95	-768,58	105,55	5,88	-1077,16	107,34	5,98	-1079,68	110,50	6,16	-909,07	110,63	6,16	-984,56	111,95	6,24	-827,94
Ano 36	108,99	5,59	-762,99	107,66	5,52	-1071,63	109,49	5,62	-1074,06	112,71	5,78	-903,28	112,84	5,79	-978,78	114,19	5,86	-822,08
Ano 37	111,17	5,25	-757,74	109,81	5,19	-1066,45	111,68	5,28	-1068,78	114,97	5,43	-897,85	115,10	5,44	-973,34	116,47	5,50	-816,58
Ano 38	113,39	4,93	-752,81	112,01	4,87	-1061,57	113,91	4,95	-1063,83	117,27	5,10	-892,75	117,40	5,11	-968,23	118,80	5,17	-811,41
Ano 39	115,66	4,63	-748,18	114,25	4,58	-1057,00	116,19	4,65	-1059,17	119,61	4,79	-887,96	119,75	4,80	-963,44	121,17	4,85	-806,56
Ano 40	117,97	4,35	-743,82	116,53	4,30	-1052,70	118,51	4,37	-1054,80	122,01	4,50	-883,46	122,14	4,50	-958,93	123,60	4,56	-802,00
Ano 41	120,33	4,09	-739,74	118,86	4,04	-1048,66	120,88	4,11	-1050,70	124,45	4,23	-879,24	124,59	4,23	-954,70	126,07	4,28	-797,72
Ano 42	122,74	3,84	-735,90	121,24	3,79	-1044,87	123,30	3,86	-1046,84	126,94	3,97	-875,27	127,08	3,97	-950,73	128,59	4,02	-793,70
Ano 43	125,19	3,60	-732,29	123,66	3,56	-1041,31	125,77	3,62	-1043,22	129,47	3,73	-871,54	129,62	3,73	-946,99	131,16	3,78	-789,92
Ano 44	127,70	3,39	-728,91	126,14	3,34	-1037,97	128,28	3,40	-1039,82	132,06	3,50	-868,04	132,21	3,51	-943,49	133,79	3,55	-786,37
Ano 45	130,25	3,18	-725,73	128,66	3,14	-1034,83	130,85	3,19	-1036,62	134,70	3,29	-864,75	134,86	3,29	-940,20	136,46	3,33	-783,04
Ano 46	132,85	2,99	-722,74	131,23	2,95	-1031,88	133,47	3,00	-1033,62	137,40	3,09	-861,66	137,55	3,09	-937,10	139,19	3,13	-779,91
Ano 47	135,51	2,81	-719,94	133,86	2,77	-1029,10	136,13	2,82	-1030,81	140,15	2,90	-858,76	140,31	2,90	-934,20	141,98	2,94	-776,97
Ano 48	138,22	2,63	-717,30	136,53	2,60	-1026,50	138,86	2,65	-1028,16	142,95	2,72	-856,03	143,11	2,73	-931,47	144,81	2,76	-774,21
Ano 49	140,99	2,47	-714,83	139,27	2,44	-1024,06	141,63	2,49	-1025,67	145,81	2,56	-853,47	145,97	2,56	-928,91	147,71	2,59	-771,62
Ano 50	143,81	2,32	-712,50	142,05	2,30	-1021,76	144,47	2,33	-1023,34	148,72	2,40	-851,07	148,89	2,41	-926,50	150,67	2,44	-769,18
	Val =	-712,50	€	Val =	-1021,76	€	Val =	-1023,34	€	Val =	-851,07	€	Val =	-926,50	€	Val =	-769,18	€

(continuação)

Ano	Solução 7			Solução 8			Solução 9			Solução 10			Solução 11			Solução 12		
	Custo de Exploração	atualização/ desconto	Retorno investim-ento-pay back	Custo de Exploração	atualização/ desconto	Retorno investim-ento-pay back	Custo de Exploração	atualização/ desconto	Retorno investim-ento-pay back	Custo de Exploração	atualização/ desconto	Retorno investim-ento-pay back	Custo de Exploração	atualização/ desconto	Retorno investim-ento-pay back	Custo de Exploração	atualização/ desconto	Retorno investim-ento-pay back
Ano 0	-1706,51	-	-	-1635,99	-	-	-1677,00	-	-	-2087,45	-	-	-1811,79	-	-	-2011,94	-	-
Ano 1	58,73	54,08	-1652,43	66,48	61,21	-1574,77	70,47	64,89	-1612,11	71,49	65,82	-2021,63	71,56	65,90	-1745,89	72,15	66,43	-1945,51
Ano 2	59,32	50,30	-1602,13	67,14	56,93	-1517,84	71,17	60,35	-1551,76	72,20	61,22	-1960,41	72,28	61,28	-1684,61	72,87	61,79	-1883,72
Ano 3	60,21	47,01	-1555,12	68,15	53,21	-1464,64	72,24	56,40	-1495,36	73,28	57,22	-1903,19	73,36	57,28	-1627,33	73,96	57,75	-1825,98
Ano 4	61,11	43,94	-1511,19	69,17	49,73	-1414,91	73,32	52,71	-1442,65	74,38	53,48	-1849,72	74,46	53,53	-1573,80	75,07	53,97	-1772,00
Ano 5	62,21	41,18	-1470,00	70,42	46,62	-1368,29	74,64	49,41	-1393,23	75,72	50,13	-1799,59	75,80	50,18	-1523,62	76,42	50,59	-1721,41
Ano 6	63,46	38,68	-1431,32	71,83	43,78	-1324,51	76,14	46,41	-1346,82	77,24	47,08	-1752,51	77,32	47,13	-1476,48	77,95	47,52	-1673,90
Ano 7	64,73	36,33	-1394,99	73,26	41,12	-1283,38	77,66	43,59	-1303,23	78,78	44,22	-1708,29	78,87	44,27	-1432,22	79,51	44,63	-1629,27
Ano 8	66,02	34,12	-1360,87	74,73	38,62	-1244,76	79,21	40,94	-1262,29	80,36	41,53	-1666,76	80,44	41,58	-1390,64	81,10	41,92	-1587,35
Ano 9	67,34	32,05	-1328,82	76,22	36,28	-1208,49	80,80	38,45	-1223,84	81,96	39,01	-1627,75	82,05	39,05	-1351,59	82,72	39,37	-1547,98
Ano 10	68,69	30,10	-1298,72	77,75	34,07	-1174,42	82,41	36,12	-1187,72	83,60	36,64	-1591,12	83,69	36,68	-1314,91	84,38	36,98	-1511,00
Ano 11	70,06	28,27	-1270,45	79,30	32,00	-1142,41	84,06	33,92	-1153,80	85,28	34,41	-1556,70	85,37	34,45	-1280,47	86,07	34,73	-1476,27
Ano 12	71,46	26,55	-1243,89	80,89	30,06	-1112,36	85,74	31,86	-1121,94	86,98	32,32	-1524,38	87,07	32,35	-1248,11	87,79	32,62	-1443,65
Ano 13	72,89	24,94	-1218,95	82,51	28,23	-1084,13	87,46	29,92	-1092,02	88,72	30,36	-1494,03	88,82	30,39	-1217,72	89,54	30,64	-1413,02
Ano 14	74,35	23,42	-1195,53	84,16	26,51	-1057,62	89,21	28,10	-1063,92	90,49	28,51	-1465,52	90,59	28,54	-1193,18	91,33	28,77	-1384,24
Ano 15	75,84	22,00	-1173,53	85,84	24,90	-1032,71	90,99	26,40	-1037,52	92,30	26,78	-1438,74	92,40	26,81	-1162,38	93,16	27,03	-1357,22
Ano 16	77,35	20,66	-1152,86	87,56	23,39	-1009,33	92,81	24,79	-1012,73	94,15	25,15	-1413,59	94,25	25,18	-1137,20	95,02	25,38	-1331,83
Ano 17	78,90	19,41	-1133,46	89,31	21,97	-987,36	94,67	23,29	-989,44	96,03	23,62	-1389,97	96,14	23,65	-1113,55	96,92	23,84	-1307,99
Ano 18	80,48	18,23	-1115,23	91,09	20,63	-966,73	96,56	21,87	-967,57	97,95	22,19	-1367,78	98,06	22,21	-1091,34	98,86	22,39	-1285,60
Ano 19	82,09	17,12	-1098,11	92,91	19,38	-947,35	98,49	20,54	-947,03	99,91	20,84	-1346,94	100,02	20,86	-1070,48	100,84	21,03	-1264,57
Ano 20	83,73	16,08	-1082,03	94,77	18,20	-929,15	100,46	19,29	-927,73	101,91	19,57	-1327,37	102,02	19,59	-1050,89	102,86	19,75	-1244,82
Ano 21	85,41	15,10	-1066,92	96,67	17,09	-912,05	102,47	18,12	-909,61	103,95	18,38	-1308,99	104,06	18,40	-1032,48	104,91	18,55	-1226,26
Ano 22	87,11	14,19	-1052,74	98,60	16,06	-896,00	104,52	17,02	-892,59	106,03	17,27	-1291,73	106,14	17,28	-1015,20	107,01	17,43	-1208,84
Ano 23	88,86	13,32	-1039,42	100,57	15,08	-880,92	106,61	15,99	-876,61	108,15	16,22	-1275,51	108,27	16,23	-998,97	109,15	16,37	-1192,47
Ano 24	90,63	12,51	-1026,90	102,59	14,16	-866,75	108,74	15,01	-861,60	110,31	15,23	-1260,28	110,43	15,25	-983,72	111,33	15,37	-1177,10
Ano 25	92,45	11,75	-1015,15	104,64	13,30	-853,45	110,92	14,10	-847,50	112,52	14,30	-1245,97	112,64	14,32	-969,40	113,56	14,44	-1162,66
Ano 26	94,29	11,04	-1004,11	106,73	12,49	-840,96	113,14	13,24	-834,25	114,77	13,44	-1232,54	114,89	13,45	-955,95	115,83	13,56	-1149,10
Ano 27	96,18	10,37	-993,74	108,86	11,73	-829,22	115,40	12,44	-821,81	117,06	12,62	-1219,92	117,19	12,63	-943,32	118,15	12,74	-1136,37
Ano 28	98,10	9,74	-984,01	111,04	11,02	-818,20	117,71	11,68	-810,13	119,41	11,85	-1208,07	119,53	11,86	-931,45	120,51	11,96	-1124,41
Ano 29	100,07	9,15	-974,86	113,26	10,35	-807,85	120,06	10,97	-799,16	121,79	11,13	-1196,94	121,93	11,14	-920,31	122,92	11,23	-1113,17
Ano 30	102,07	8,59	-966,27	115,53	9,72	-798,12	122,46	10,31	-788,85	124,23	10,46	-1186,48	124,36	10,47	-909,84	125,38	10,55	-1102,62
Ano 31	104,11	8,07	-958,20	117,84	9,13	-788,99	124,91	9,68	-779,17	126,71	9,82	-1176,66	126,85	9,83	-900,01	127,89	9,91	-1092,71
Ano 32	106,19	7,58	-950,62	120,20	8,58	-780,42	127,41	9,09	-770,08	129,25	9,22	-1167,44	129,39	9,23	-890,78	130,45	9,31	-1083,40
Ano 33	108,31	7,12	-943,51	122,60	8,06	-772,36	129,96	8,54	-761,54	131,83	8,66	-1158,78	131,98	8,67	-882,11	133,06	8,74	-1074,66
Ano 34	110,48	6,68	-936,82	125,05	7,57	-764,79	132,56	8,02	-753,52	134,47	8,14	-1150,64	134,62	8,14	-873,96	135,72	8,21	-1066,45
Ano 35	112,69	6,28	-930,54	127,55	7,11	-757,69	135,21	7,53	-745,98	137,16	7,64	-1143,00	137,31	7,65	-866,31	138,43	7,71	-1058,73
Ano 36	114,94	5,90	-924,65	130,10	6,67	-751,01	137,91	7,08	-738,91	139,90	7,18	-1135,82	140,05	7,18	-859,13	141,20	7,24	-1051,49
Ano 37	117,24	5,54	-919,11	132,71	6,27	-744,74	140,67	6,65	-732,26	142,70	6,74	-1129,08	142,85	6,75	-852,38	144,02	6,80	-1044,69
Ano 38	119,59	5,20	-913,91	135,36	5,89	-738,86	143,48	6,24	-726,02	145,55	6,33	-1122,75	145,71	6,34	-846,04	146,90	6,39	-1038,30
Ano 39	121,98	4,89	-909,02	138,07	5,53	-733,33	146,35	5,86	-720,16	148,47	5,95	-1116,80	148,63	5,95	-840,09	149,84	6,00	-1032,29
Ano 40	124,42	4,59	-904,43	140,83	5,19	-728,13	149,28	5,51	-714,66	151,44	5,59	-1111,22	151,60	5,59	-834,50	152,84	5,64	-1026,66
Ano 41	126,91	4,31	-900,12	143,64	4,88	-723,25	152,27	5,17	-709,48	154,46	5,25	-1105,97	154,63	5,25	-829,25	155,90	5,29	-1021,36
Ano 42	129,45	4,05	-896,08	146,52	4,58	-718,67	155,31	4,86	-704,63	157,55	4,93	-1101,05	157,72	4,93	-824,31	159,01	4,97	-1016,39
Ano 43	132,04	3,80	-892,27	149,45	4,30	-714,37	158,42	4,56	-700,07	160,70	4,63	-1096,42	160,88	4,63	-819,68	162,19	4,67	-1011,72
Ano 44	134,68	3,57	-888,70	152,44	4,04	-710,33	161,59	4,28	-695,78	163,92	4,35	-1092,07	164,10	4,35	-815,33	165,44	4,39	-1007,33
Ano 45	137,37	3,35	-885,35	155,49	3,80	-706,53	164,82	4,02	-691,76	167,20	4,08	-1087,99	167,38	4,09	-811,24	168,75	4,12	-1003,21
Ano 46	140,12	3,15	-882,20	158,60	3,57	-702,97	168,11	3,78	-687,98	170,54	3,83	-1084,16	170,72	3,84	-807,41	172,12	3,87	-999,34
Ano 47	142,92	2,96	-879,24	161,77	3,35	-699,62	171,48	3,55	-684,43	173,95	3,60	-1080,55	174,14	3,60	-803,80	175,56	3,63	-995,71
Ano 48	145,78	2,78	-876,46	165,00	3,15	-696,47	174,91	3,33	-681,09	177,43	3,38	-1077,17	177,62	3,39	-800,42	179,08	3,41	-992,30
Ano 49	148,69	2,61	-873,85	168,30	2,95	-693,52	178,40	3,13	-677,96	180,98	3,18	-1074,00	181,17	3,18	-797,24	182,66	3,21	-989,09
Ano 50	151,67	2,45	-871,40	171,67	2,77	-690,74	181,97	2,94	-675,02	184,60	2,98	-1071,01	184,80	2,99	-794,25	186,31	3,01	-986,08
	Val =	-871,40	€	Val =	-690,74	€	Val =	-675,02	€	Val =	-1071,01	€	Val =	-794,25	€	Val =	-986,08	€

- Persiana de réguas metálicas

Ano	Solução 1			Solução 2			Solução 3			Solução 4			Solução 5			Solução 6		
	Custo Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav
Ano 0	-505,43	-	-	-805,02	-	-	-819,91	-	-	-671,08	-	-	-747,44	-	-	-599,88	-	-
Ano 1	58,91	54,24	-451,18	58,42	53,79	-751,23	59,09	54,41	-765,49	60,14	55,38	-615,70	60,26	55,49	-691,95	60,68	55,87	-544,01
Ano 2	59,50	50,45	-400,74	59,00	50,03	-701,21	59,68	50,60	-714,89	60,75	51,51	-564,19	60,86	51,61	-640,34	61,28	51,96	-492,05
Ano 3	60,39	47,15	-353,59	59,89	46,76	-654,45	60,58	47,30	-667,59	61,66	48,14	-516,06	61,78	48,23	-592,11	62,20	48,56	-443,49
Ano 4	61,30	44,07	-309,52	60,78	43,70	-610,75	61,49	44,20	-623,39	62,58	44,99	-471,06	62,70	45,08	-547,03	63,13	45,39	-398,10
Ano 5	62,40	41,31	-268,21	61,88	40,96	-569,79	62,59	41,44	-581,95	63,71	42,17	-428,89	63,83	42,26	-504,78	64,27	42,55	-355,55
Ano 6	63,65	38,80	-229,41	63,12	38,47	-531,31	63,85	38,92	-543,04	64,98	39,61	-389,28	65,11	39,69	-465,09	65,56	39,96	-315,59
Ano 7	64,92	36,44	-192,97	64,38	36,14	-495,18	65,12	36,55	-506,48	66,28	37,20	-352,08	66,41	37,28	-427,82	66,87	37,53	-278,06
Ano 8	66,22	34,22	-158,75	65,67	33,94	-461,24	66,42	34,33	-472,15	67,61	34,94	-317,13	67,74	35,01	-392,81	68,20	35,25	-242,81
Ano 9	67,54	32,14	-126,60	66,98	31,88	-429,36	67,75	32,24	-439,91	68,96	32,82	-284,31	69,09	32,88	-359,92	69,57	33,11	-209,70
Ano 10	68,89	30,19	-96,41	68,32	29,94	-399,42	69,11	30,29	-409,62	70,34	30,82	-253,49	70,47	30,88	-329,04	70,96	31,10	-178,60
Ano 11	70,27	28,36	-68,06	69,69	28,12	-371,30	70,49	28,44	-381,18	71,75	28,95	-224,54	71,88	29,01	-300,03	72,38	29,21	-149,39
Ano 12	71,68	26,63	-41,42	71,08	26,41	-344,89	71,90	26,72	-354,46	73,18	27,19	-197,35	73,32	27,24	-272,79	73,83	27,43	-121,96
Ano 13	73,11	25,01	-16,41	72,50	24,81	-320,09	73,34	25,09	-329,37	74,64	25,54	-171,81	74,79	25,59	-247,20	75,30	25,76	-96,20
Ano 14	74,57	23,49	7,09	73,95	23,30	-296,79	74,80	23,57	-305,80	76,14	23,99	-147,82	76,28	24,03	-223,17	76,81	24,20	-72,00
Ano 15	76,06	22,07	29,15	75,43	21,88	-274,91	76,30	22,14	-283,67	77,66	22,53	-125,29	77,81	22,57	-200,59	78,35	22,73	-49,27
Ano 16	77,59	20,73	49,88	76,94	20,55	-254,35	77,83	20,79	-262,88	79,21	21,16	-104,13	79,37	21,20	-179,39	79,91	21,35	-27,92
Ano 17	79,14	19,47	69,34	78,48	19,30	-235,05	79,38	19,53	-243,35	80,80	19,87	-84,26	80,95	19,91	-159,48	81,51	20,05	-7,87
Ano 18	80,72	18,28	87,63	80,05	18,13	-216,92	80,97	18,34	-225,01	82,41	18,67	-65,59	82,57	18,70	-140,78	83,14	18,83	10,96
Ano 19	82,33	17,17	104,80	81,65	17,03	-199,89	82,59	17,23	-207,78	84,06	17,53	-48,06	84,22	17,57	-123,21	84,80	17,69	28,65
Ano 20	83,98	16,13	120,93	83,28	15,99	-183,90	84,24	16,18	-191,61	85,74	16,47	-31,59	85,91	16,50	-106,71	86,50	16,61	45,26
Ano 21	85,66	15,15	136,08	84,95	15,02	-168,88	85,93	15,20	-176,41	87,46	15,47	-16,13	87,63	15,50	-91,22	88,23	15,60	60,86
Ano 22	87,37	14,23	150,30	86,64	14,11	-154,77	87,65	14,27	-162,14	89,21	14,53	-1,60	89,38	14,55	-76,66	89,99	14,65	75,51
Ano 23	89,12	13,36	163,67	88,38	13,25	-141,52	89,40	13,40	-148,73	90,99	13,64	12,04	91,17	13,67	-62,99	91,79	13,76	89,28
Ano 24	90,90	12,55	176,22	90,15	12,45	-129,07	91,19	12,59	-136,14	92,81	12,81	24,86	92,99	12,84	-50,16	93,63	12,93	102,21
Ano 25	92,72	11,79	188,00	91,95	11,69	-117,38	93,01	11,82	-124,32	94,67	12,04	36,89	94,85	12,06	-38,10	95,50	12,14	114,35
Ano 26	94,58	11,07	199,08	93,79	10,98	-106,40	94,87	11,11	-113,21	96,56	11,30	48,19	96,75	11,33	-26,77	97,41	11,40	125,75
Ano 27	96,47	10,40	209,47	95,66	10,31	-96,09	96,77	10,43	-102,78	98,49	10,62	58,81	98,68	10,64	-16,13	99,36	10,71	136,46
Ano 28	98,40	9,77	219,24	97,58	9,69	-86,40	98,70	9,80	-92,99	100,46	9,97	68,78	100,66	9,99	-6,14	101,35	10,06	146,52
Ano 29	100,37	9,17	228,41	99,53	9,10	-77,31	100,68	9,20	-83,78	102,47	9,37	78,15	102,67	9,38	3,24	103,38	9,45	155,97
Ano 30	102,37	8,62	237,03	101,52	8,54	-68,76	102,69	8,64	-75,14	104,52	8,80	86,94	104,72	8,81	12,05	105,44	8,87	164,84
Ano 31	104,42	8,09	245,12	103,55	8,02	-60,74	104,74	8,12	-67,02	106,61	8,26	95,21	106,82	8,28	20,33	107,55	8,33	173,18
Ano 32	106,51	7,60	252,72	105,62	7,54	-53,20	106,84	7,62	-59,40	108,74	7,76	102,97	108,95	7,77	28,11	109,70	7,83	181,01
Ano 33	108,64	7,14	259,86	107,73	7,08	-46,12	108,98	7,16	-52,24	110,92	7,29	110,25	111,13	7,30	35,41	111,90	7,35	188,36
Ano 34	110,81	6,70	266,57	109,89	6,65	-39,48	111,16	6,73	-45,51	113,14	6,85	117,10	113,35	6,86	42,27	114,14	6,91	195,26
Ano 35	113,03	6,30	272,86	112,08	6,24	-33,23	113,38	6,32	-39,20	115,40	6,43	123,53	115,62	6,44	48,71	116,42	6,49	201,75
Ano 36	115,29	5,91	278,78	114,33	5,87	-27,37	115,65	5,93	-33,27	117,71	6,04	129,57	117,93	6,05	54,76	118,75	6,09	207,84
Ano 37	117,59	5,55	284,33	116,61	5,51	-21,86	117,96	5,57	-27,69	120,06	5,67	135,24	120,29	5,68	60,44	121,12	5,72	213,56
Ano 38	119,95	5,22	289,55	118,94	5,17	-16,68	120,32	5,23	-22,46	122,46	5,33	140,56	122,70	5,34	65,78	123,54	5,37	218,94
Ano 39	122,35	4,90	294,45	121,32	4,86	-11,82	122,73	4,92	-17,54	124,91	5,00	145,57	125,15	5,01	70,79	126,01	5,05	223,98
Ano 40	124,79	4,60	299,05	123,75	4,56	-7,26	125,18	4,62	-12,93	127,41	4,70	150,27	127,66	4,71	75,50	128,53	4,74	228,72
Ano 41	127,29	4,32	303,38	126,23	4,29	-2,97	127,68	4,34	-8,59	129,96	4,41	154,68	130,21	4,42	79,92	131,11	4,45	233,18
Ano 42	129,83	4,06	307,44	128,75	4,03	1,05	130,24	4,07	-4,52	132,56	4,15	158,83	132,81	4,15	84,07	133,73	4,18	237,36
Ano 43	132,43	3,81	311,25	131,32	3,78	4,83	132,84	3,83	-0,69	135,21	3,89	162,72	135,47	3,90	87,98	136,40	3,93	241,29
Ano 44	135,08	3,58	314,83	133,95	3,55	8,39	135,50	3,59	2,90	137,91	3,66	166,38	138,18	3,66	91,64	139,13	3,69	244,98
Ano 45	137,78	3,36	318,19	136,63	3,34	11,72	138,21	3,37	6,27	140,67	3,43	169,81	140,94	3,44	95,08	141,91	3,46	248,44
Ano 46	140,54	3,16	321,35	139,36	3,13	14,85	140,97	3,17	9,44	143,48	3,23	173,04	143,76	3,23	98,31	144,75	3,25	251,70
Ano 47	143,35	2,97	324,32	142,15	2,94	17,80	143,79	2,98	12,42	146,35	3,03	176,07	146,64	3,04	101,35	147,65	3,06	254,75
Ano 48	146,21	2,79	327,11	144,99	2,76	20,56	146,67	2,80	15,22	149,28	2,85	178,91	149,57	2,85	104,20	150,60	2,87	257,62
Ano 49	149,14	2,62	329,73	147,89	2,60	23,16	149,60	2,63	17,84	152,27	2,67	181,58	152,56	2,68	106,88	153,61	2,70	260,32
Ano 50	152,12	2,46	332,18	150,85	2,44	25,60	152,59	2,47	20,31	155,31	2,51	184,09	155,61	2,52	109,39	156,68	2,53	262,85
	Val =	332,18	€	Val =	25,60	€	Val =	20,31	€	Val =	184,09	€	Val =	109,39	€	Val =	262,85	€

(continuação)

Ano	Solução 7			Solução 8			Solução 9			Solução 10			Solução 11			Solução 12		
	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay back
Ano 0	-707,61	-	-	-637,09	-	-	-678,10	-	-	-1088,55	-	-	-812,89	-	-	-1013,04	-	-
Ano 1	60,87	56,05	-651,56	68,08	62,69	-574,40	71,70	66,02	-612,08	72,38	66,65	-1021,90	72,43	66,69	-746,19	72,78	67,01	-946,03
Ano 2	61,48	52,13	-599,43	68,76	58,30	-516,09	72,41	61,40	-550,68	73,11	61,99	-959,92	73,15	62,03	-684,17	73,50	62,32	-883,71
Ano 3	62,40	48,72	-550,71	69,79	54,49	-461,60	73,50	57,39	-493,29	74,20	57,93	-901,98	74,25	57,97	-626,20	74,61	58,25	-825,46
Ano 4	63,34	45,54	-505,17	70,84	50,93	-410,67	74,60	53,63	-439,66	75,32	54,15	-847,84	75,36	54,18	-572,02	75,73	54,44	-771,02
Ano 5	64,48	42,68	-462,49	72,12	47,74	-362,93	75,95	50,28	-389,39	76,67	50,76	-797,08	76,72	50,79	-521,23	77,09	51,03	-719,99
Ano 6	65,77	40,09	-422,40	73,56	44,84	-318,09	77,46	47,22	-342,17	78,20	47,67	-749,41	78,26	47,70	-473,53	78,63	47,93	-672,06
Ano 7	67,08	37,65	-384,75	75,03	42,11	-275,98	79,01	44,35	-297,82	79,77	44,77	-704,64	79,82	44,80	-428,72	80,20	45,02	-627,04
Ano 8	68,43	35,37	-349,38	76,53	39,55	-236,42	80,59	41,65	-256,16	81,36	42,05	-662,59	81,42	42,08	-386,64	81,81	42,28	-584,76
Ano 9	69,79	33,22	-316,16	78,06	37,15	-199,27	82,21	39,12	-217,04	82,99	39,50	-623,09	83,05	39,52	-347,12	83,44	39,71	-545,04
Ano 10	71,19	31,20	-284,97	79,62	34,89	-164,38	83,85	36,75	-180,29	84,65	37,10	-585,99	84,71	37,12	-310,00	85,11	37,30	-507,75
Ano 11	72,61	29,30	-255,67	81,21	32,77	-131,61	85,53	34,51	-145,78	86,34	34,84	-551,15	86,40	34,86	-275,14	86,81	35,03	-472,71
Ano 12	74,07	27,52	-228,15	82,84	30,78	-100,83	87,24	32,42	-113,36	88,07	32,72	-518,43	88,13	32,75	-242,39	88,55	32,90	-439,81
Ano 13	75,55	25,85	-202,30	84,50	28,91	-71,92	88,98	30,45	-82,92	89,83	30,74	-487,69	89,89	30,76	-211,63	90,32	30,90	-408,91
Ano 14	77,06	24,28	-178,02	86,19	27,15	-44,77	90,76	28,59	-54,32	91,63	28,87	-458,82	91,69	28,89	-182,75	92,13	29,02	-379,88
Ano 15	78,60	22,80	-155,22	87,91	25,50	-19,26	92,58	26,86	-27,47	93,46	27,11	-431,71	93,52	27,13	-155,62	93,97	27,26	-352,62
Ano 16	80,17	21,42	-133,80	89,67	23,95	4,69	94,43	25,22	-2,24	95,33	25,47	-406,24	95,39	25,48	-130,13	95,85	25,60	-327,02
Ano 17	81,77	20,11	-113,69	91,46	22,50	27,19	96,32	23,69	21,45	97,24	23,92	-382,32	97,30	23,93	-106,20	97,77	24,05	-302,97
Ano 18	83,41	18,89	-94,80	93,29	21,13	48,32	98,24	22,25	43,70	99,18	22,46	-359,86	99,25	22,48	-83,72	99,72	22,59	-280,38
Ano 19	85,08	17,74	-77,05	95,16	19,85	68,16	100,21	20,90	64,60	101,17	21,10	-338,76	101,23	21,11	-62,61	101,72	21,21	-259,17
Ano 20	86,78	16,67	-60,39	97,06	18,64	86,80	102,21	19,63	84,23	103,19	19,82	-318,94	103,26	19,83	-42,78	103,75	19,92	-239,25
Ano 21	88,52	15,65	-44,73	99,00	17,51	104,31	104,26	18,44	102,67	105,25	18,61	-300,33	105,32	18,62	-24,15	105,83	18,71	-220,53
Ano 22	90,29	14,70	-30,03	100,98	16,44	120,75	106,34	17,32	119,98	107,36	17,48	-282,85	107,43	17,49	-6,66	107,94	17,58	-202,95
Ano 23	92,09	13,81	-16,22	103,00	15,44	136,20	108,47	16,26	136,25	109,51	16,42	-266,43	109,58	16,43	9,77	110,10	16,51	-186,45
Ano 24	93,93	12,97	-3,25	105,06	14,51	150,70	110,64	15,28	151,52	111,70	15,42	-251,01	111,77	15,43	25,20	112,30	15,51	-170,94
Ano 25	95,81	12,18	8,93	107,16	13,62	164,33	112,85	14,35	165,87	113,93	14,48	-236,53	114,00	14,49	39,69	114,55	14,56	-156,38
Ano 26	97,73	11,44	20,37	109,30	12,80	177,12	115,11	13,48	179,35	116,21	13,60	-222,92	116,28	13,61	53,31	116,84	13,68	-142,70
Ano 27	99,68	10,75	31,11	111,49	12,02	189,14	117,41	12,66	192,00	118,53	12,78	-210,14	118,61	12,79	66,09	119,18	12,85	-129,85
Ano 28	101,68	10,09	41,20	113,72	11,29	200,43	119,76	11,89	203,89	120,90	12,00	-198,14	120,98	12,01	78,10	121,56	12,07	-117,79
Ano 29	103,71	9,48	50,68	115,99	10,60	211,03	122,15	11,16	215,05	123,32	11,27	-186,87	123,40	11,28	89,38	123,99	11,33	-106,46
Ano 30	105,78	8,90	59,59	118,31	9,96	220,99	124,60	10,49	225,54	125,79	10,59	-176,29	125,87	10,59	99,97	126,47	10,64	-95,81
Ano 31	107,90	8,36	67,95	120,68	9,35	230,34	127,09	9,85	235,39	128,30	9,94	-166,34	128,39	9,95	109,92	129,00	10,00	-85,82
Ano 32	110,06	7,85	75,80	123,09	8,78	239,12	129,63	9,25	244,64	130,87	9,34	-157,00	130,95	9,34	119,27	131,58	9,39	-76,43
Ano 33	112,26	7,38	83,18	125,56	8,25	247,37	132,22	8,69	253,33	133,49	8,77	-148,23	133,57	8,78	128,04	134,21	8,82	-67,61
Ano 34	114,50	6,93	90,11	128,07	7,75	255,12	134,87	8,16	261,49	136,16	8,24	-140,00	136,24	8,24	136,29	136,90	8,28	-59,32
Ano 35	116,79	6,51	96,61	130,63	7,28	262,40	137,57	7,66	269,15	138,88	7,74	-132,26	138,97	7,74	144,03	139,63	7,78	-51,54
Ano 36	119,13	6,11	102,72	133,24	6,84	269,23	140,32	7,20	276,35	141,66	7,27	-124,99	141,75	7,27	151,30	142,43	7,31	-44,24
Ano 37	121,51	5,74	108,46	135,91	6,42	275,65	143,12	6,76	283,11	144,49	6,83	-118,17	144,58	6,83	158,13	145,28	6,86	-37,38
Ano 38	123,94	5,39	113,86	138,62	6,03	281,68	145,99	6,35	289,46	147,38	6,41	-111,76	147,48	6,41	164,55	148,18	6,45	-30,93
Ano 39	126,42	5,06	118,92	141,40	5,66	287,35	148,91	5,96	295,42	150,33	6,02	-105,73	150,42	6,02	170,57	151,14	6,05	-24,88
Ano 40	128,95	4,76	123,67	144,22	5,32	292,67	151,88	5,60	301,03	153,33	5,66	-100,08	153,43	5,66	176,23	154,17	5,69	-19,19
Ano 41	131,53	4,47	128,14	147,11	5,00	297,66	154,92	5,26	306,29	156,40	5,31	-94,77	156,50	5,31	181,54	157,25	5,34	-13,85
Ano 42	134,16	4,20	132,34	150,05	4,69	302,35	158,02	4,94	311,23	159,53	4,99	-89,78	159,63	4,99	186,54	160,40	5,02	-8,83
Ano 43	136,84	3,94	136,28	153,05	4,41	306,76	161,18	4,64	315,87	162,72	4,69	-85,09	162,82	4,69	191,22	163,60	4,71	-4,12
Ano 44	139,58	3,70	139,98	156,11	4,14	310,90	164,40	4,36	320,23	165,97	4,40	-80,69	166,08	4,40	195,63	166,88	4,42	0,30
Ano 45	142,37	3,48	143,45	159,24	3,89	314,79	167,69	4,09	324,32	169,29	4,13	-76,56	169,40	4,14	199,76	170,21	4,16	4,46
Ano 46	145,22	3,26	146,72	162,42	3,65	318,44	171,05	3,85	328,17	172,68	3,88	-72,68	172,79	3,88	203,65	173,62	3,90	8,36
Ano 47	148,12	3,07	149,79	165,67	3,43	321,87	174,47	3,61	331,78	176,13	3,65	-69,03	176,25	3,65	207,30	177,09	3,67	12,03
Ano 48	151,09	2,88	152,67	168,98	3,22	325,09	177,96	3,39	335,17	179,65	3,42	-65,61	179,77	3,43	210,72	180,63	3,44	15,47
Ano 49	154,11	2,70	155,37	172,36	3,03	328,12	181,51	3,19	338,36	183,25	3,22	-62,39	183,37	3,22	213,94	184,24	3,23	18,70
Ano 50	157,19	2,54	157,91	175,81	2,84	330,96	185,14	2,99	341,35	186,91	3,02	-59,37	187,03	3,02	216,97	187,93	3,04	21,74
	Val =	157,91	€	Val =	330,96	€	Val =	341,35	€	Val =	-59,37	€	Val =	-216,97	€	Val =	21,74	€

- Portada exterior de madeira

Ano	Solução 1			Solução 2			Solução 3			Solução 4			Solução 5			Solução 6		
	Custo Exploração	actualização/ desconto	Retorno investimento-pay back	Custo Exploração	actualização/ desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	actualização/ desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	actualização/ desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	actualização/ desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	actualização/ desconto	Retorno investimento-pay back
Ano 0	-3612,40	-	-	-3912,00	-	-	-3926,88	-	-	-3778,05	-	-	-3854,41	-	-	-3706,85	-	-
Ano 1	59,50	54,79	-3557,61	59,06	54,38	-3857,61	59,66	54,94	-3871,94	60,53	55,74	-3722,31	60,67	55,87	-3798,55	61,01	56,17	-3650,68
Ano 2	60,09	50,95	-3506,66	59,65	50,58	-3807,04	60,26	51,09	-3820,85	61,14	51,84	-3670,47	61,28	51,96	-3746,59	61,62	52,24	-3598,44
Ano 3	60,99	47,62	-3459,04	60,54	47,27	-3759,77	61,16	47,75	-3773,10	62,06	48,45	-3622,02	62,20	48,56	-3698,03	62,54	48,83	-3549,61
Ano 4	61,91	44,51	-3414,53	61,45	44,18	-3715,59	62,08	44,63	-3728,47	62,99	45,28	-3576,74	63,13	45,38	-3652,64	63,48	45,64	-3503,97
Ano 5	63,02	41,72	-3372,81	62,56	41,41	-3674,17	63,20	41,83	-3686,64	64,12	42,45	-3534,29	64,27	42,54	-3610,10	64,62	42,78	-3461,20
Ano 6	64,28	39,19	-3333,63	63,81	38,90	-3635,28	64,46	39,29	-3647,35	65,40	39,87	-3494,43	65,55	39,96	-3570,14	65,91	40,18	-3421,02
Ano 7	65,57	36,80	-3296,82	65,09	36,53	-3598,74	65,75	36,90	-3610,44	66,71	37,44	-3456,98	66,86	37,53	-3532,61	67,23	37,74	-3383,28
Ano 8	66,88	34,57	-3262,26	66,39	34,31	-3564,43	67,06	34,66	-3575,78	68,05	35,17	-3421,81	68,20	35,25	-3497,37	68,58	35,44	-3347,84
Ano 9	68,22	32,47	-3229,79	67,72	32,23	-3532,20	68,40	32,55	-3543,23	69,41	33,03	-3388,78	69,56	33,11	-3464,26	69,95	33,29	-3314,55
Ano 10	69,58	30,49	-3199,30	69,07	30,27	-3501,94	69,77	30,58	-3512,65	70,79	31,02	-3357,76	70,95	31,09	-3433,17	71,35	31,27	-3283,28
Ano 11	70,97	28,64	-3170,66	70,45	28,43	-3473,51	71,17	28,72	-3483,93	72,21	29,14	-3328,62	72,37	29,20	-3403,96	72,77	29,37	-3253,92
Ano 12	72,39	26,90	-3143,76	71,86	26,70	-3446,81	72,59	26,97	-3456,96	73,65	27,37	-3301,25	73,82	27,43	-3376,53	74,23	27,58	-3226,34
Ano 13	73,84	25,26	-3118,49	73,30	25,08	-3421,73	74,04	25,33	-3431,63	75,13	25,70	-3275,55	75,30	25,76	-3350,77	75,71	25,90	-3200,43
Ano 14	75,32	23,73	-3094,76	74,76	23,55	-3398,17	75,52	23,79	-3407,83	76,63	24,14	-3251,40	76,80	24,20	-3326,57	77,23	24,33	-3176,10
Ano 15	76,83	22,29	-3072,48	76,26	22,12	-3376,05	77,03	22,35	-3385,48	78,16	22,68	-3228,73	78,34	22,73	-3303,84	78,77	22,85	-3153,25
Ano 16	78,36	20,93	-3051,54	77,78	20,78	-3355,27	78,58	20,99	-3364,49	79,73	21,30	-3207,43	79,91	21,35	-3282,50	80,35	21,46	-3131,79
Ano 17	79,93	19,66	-3031,88	79,34	19,52	-3335,75	80,15	19,71	-3344,78	81,32	20,00	-3187,43	81,50	20,05	-3262,45	81,95	20,16	-3111,63
Ano 18	81,53	18,47	-3013,42	80,93	18,33	-3317,42	81,75	18,52	-3326,26	82,95	18,79	-3168,64	83,13	18,83	-3243,62	83,59	18,93	-3092,69
Ano 19	83,16	17,34	-2996,07	82,55	17,22	-3300,21	83,38	17,39	-3308,87	84,61	17,65	-3151,00	84,80	17,69	-3225,94	85,27	17,78	-3074,91
Ano 20	84,82	16,29	-2979,78	84,20	16,17	-3284,04	85,05	16,33	-3292,54	86,30	16,57	-3134,42	86,49	16,61	-3209,33	86,97	16,70	-3058,21
Ano 21	86,52	15,30	-2964,48	85,88	15,19	-3268,85	86,75	15,34	-3277,20	88,02	15,57	-3118,86	88,22	15,60	-3193,72	88,71	15,69	-3042,52
Ano 22	88,25	14,37	-2950,11	87,60	14,26	-3254,59	88,49	14,41	-3262,79	89,78	14,62	-3104,24	89,99	14,65	-3179,07	90,48	14,73	-3027,79
Ano 23	90,01	13,50	-2936,62	89,35	13,40	-3241,19	90,26	13,53	-3249,26	91,58	13,73	-3090,51	91,79	13,76	-3165,31	92,29	13,84	-3013,95
Ano 24	91,81	12,68	-2923,94	91,14	12,58	-3228,61	92,06	12,71	-3236,94	93,41	12,90	-3077,61	93,62	12,93	-3152,38	94,14	13,00	-3000,95
Ano 25	93,65	11,91	-2912,04	92,96	11,82	-3216,79	93,90	11,94	-3224,61	95,28	12,11	-3065,50	95,50	12,14	-3140,24	96,02	12,21	-2988,74
Ano 26	95,52	11,18	-2900,85	94,82	11,10	-3205,69	95,78	11,21	-3213,39	97,19	11,38	-3054,12	97,41	11,40	-3128,84	97,94	11,47	-2977,28
Ano 27	97,43	10,50	-2890,35	96,72	10,43	-3195,27	97,70	10,53	-3202,86	99,13	10,69	-3043,43	99,35	10,71	-3118,13	99,90	10,77	-2966,51
Ano 28	99,38	9,86	-2880,49	98,65	9,79	-3185,47	99,65	9,89	-3192,97	101,11	10,04	-3033,40	101,34	10,06	-3108,07	101,90	10,11	-2956,40
Ano 29	101,37	9,26	-2871,22	100,62	9,20	-3176,28	101,65	9,29	-3183,68	103,13	9,43	-3023,97	103,37	9,45	-3098,62	103,94	9,50	-2946,90
Ano 30	103,40	8,70	-2862,52	102,63	8,64	-3167,64	103,68	8,73	-3174,96	105,20	8,85	-3015,12	105,43	8,87	-3089,75	106,02	8,92	-2937,97
Ano 31	105,46	8,17	-2854,35	104,69	8,11	-3159,53	105,75	8,20	-3166,76	107,30	8,32	-3006,80	107,54	8,33	-3081,42	108,14	8,38	-2929,59
Ano 32	107,57	7,68	-2846,67	106,78	7,62	-3151,91	107,87	7,70	-3159,06	109,45	7,81	-2998,99	109,69	7,83	-3073,59	110,30	7,87	-2921,72
Ano 33	109,73	7,21	-2839,46	108,92	7,16	-3144,75	110,02	7,23	-3151,83	111,64	7,34	-2991,66	111,89	7,35	-3066,24	112,51	7,39	-2914,33
Ano 34	111,92	6,77	-2832,69	111,10	6,72	-3138,03	112,22	6,79	-3145,04	113,87	6,89	-2984,77	114,13	6,91	-3059,33	114,76	6,94	-2907,39
Ano 35	114,16	6,36	-2826,33	113,32	6,31	-3131,72	114,47	6,38	-3138,67	116,15	6,47	-2978,30	116,41	6,49	-3052,85	117,05	6,52	-2900,87
Ano 36	116,44	5,97	-2820,35	115,58	5,93	-3125,79	116,76	5,99	-3132,68	118,47	6,08	-2972,22	118,74	6,09	-3046,75	119,39	6,12	-2894,74
Ano 37	118,77	5,61	-2814,74	117,90	5,57	-3120,22	119,09	5,63	-3127,05	120,84	5,71	-2966,51	121,11	5,72	-3041,03	121,78	5,75	-2888,99
Ano 38	121,15	5,27	-2809,47	120,25	5,23	-3114,99	121,48	5,28	-3121,77	123,25	5,36	-2961,15	123,53	5,37	-3035,66	124,22	5,40	-2883,58
Ano 39	123,57	4,95	-2804,53	122,66	4,91	-3110,07	123,91	4,96	-3116,80	125,72	5,04	-2956,11	126,00	5,05	-3030,61	126,70	5,07	-2878,51
Ano 40	126,04	4,65	-2799,88	125,11	4,61	-3105,46	126,38	4,66	-3112,14	128,23	4,73	-2951,38	128,52	4,74	-3025,87	129,23	4,77	-2873,74
Ano 41	128,56	4,37	-2795,51	127,61	4,33	-3101,12	128,91	4,38	-3107,76	130,80	4,44	-2946,94	131,09	4,45	-3021,42	131,82	4,48	-2869,27
Ano 42	131,13	4,10	-2791,41	130,17	4,07	-3097,05	131,49	4,11	-3103,65	133,41	4,17	-2942,77	133,72	4,18	-3017,24	134,45	4,20	-2865,06
Ano 43	133,75	3,85	-2787,56	132,77	3,82	-3093,23	134,12	3,86	-3099,79	136,08	3,92	-2938,85	136,39	3,93	-3013,31	137,14	3,95	-2861,11
Ano 44	136,43	3,62	-2783,94	135,42	3,59	-3089,64	136,80	3,63	-3096,16	138,80	3,68	-2935,17	139,12	3,69	-3009,62	139,89	3,71	-2857,40
Ano 45	139,16	3,40	-2780,54	138,13	3,37	-3086,27	139,54	3,41	-3092,76	141,58	3,46	-2931,71	141,90	3,46	-3006,16	142,68	3,48	-2853,92
Ano 46	141,94	3,19	-2777,35	140,90	3,17	-3083,10	142,33	3,20	-3089,56	144,41	3,25	-2928,47	144,74	3,25	-3002,91	145,54	3,27	-2850,65
Ano 47	144,78	3,00	-2774,36	143,71	2,98	-3080,13	145,17	3,01	-3086,55	147,30	3,05	-2925,42	147,63	3,06	-2999,85	148,45	3,07	-2847,58
Ano 48	147,68	2,81	-2771,54	146,59	2,79	-3077,33	148,08	2,82	-3083,73	150,25	2,86	-2922,55	150,59	2,87	-2996,98	151,42	2,89	-2844,69
Ano 49	150,63	2,64	-2768,90	149,52	2,62	-3074,71	151,04	2,65	-3081,08	153,25	2,69	-2919,86	153,60	2,70	-2994,28	154,45	2,71	-2841,98
Ano 50	153,64	2,48	-2766,41	152,51	2,46	-3072,24	154,06	2,49	-3078,59	156,32	2,53	-2917,34	156,67	2,53	-2991,75	157,53	2,55	-2839,43
	Val =	-2766,41	€	Val =	-3072,24	€	Val =	-3078,59	€	Val =	-2917,34	€	Val =	-2991,75	€	Val =	-2839,43	€

(continuação)

Ano	Solução 7			Solução 8			Solução 9			Solução 10			Solução 11			Solução 12		
	Custo de Exploração	atualização/ desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	atualização/ desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	atualização/ desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	atualização/ desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	atualização/ desconto	Retorno investimento-pay back	Custo de Exploração	atualização/ desconto	Retorno investimento-pay back
Ano 0	-3814,58	-	-	-3744,06	-	-	-3785,07	-	-	-4195,53	-	-	-3919,86	-	-	-4120,01	-	-
Ano 1	61,14	56,30	-3758,28	68,66	63,22	-3680,84	72,16	66,45	-3718,62	72,65	66,90	-4128,63	72,68	66,93	-3852,93	72,90	67,13	-4052,89
Ano 2	61,76	52,36	-3705,92	69,35	58,80	-3622,04	72,88	61,80	-3656,83	73,38	62,22	-4066,41	73,41	62,24	-3790,69	73,63	62,43	-3990,46
Ano 3	62,68	48,94	-3656,98	70,39	54,96	-3567,08	73,98	57,76	-3599,07	74,48	58,15	-4008,26	74,51	58,17	-3732,52	74,73	58,35	-3932,11
Ano 4	63,62	45,74	-3611,24	71,45	51,36	-3515,72	75,09	53,98	-3545,09	75,60	54,35	-3953,91	75,63	54,37	-3678,15	75,85	54,53	-3877,58
Ano 5	64,77	42,88	-3568,37	72,73	48,15	-3467,57	76,44	50,60	-3494,49	76,96	50,95	-3902,97	76,99	50,97	-3627,18	77,22	51,12	-3826,46
Ano 6	66,06	40,27	-3528,10	74,19	45,22	-3422,35	77,97	47,53	-3446,96	78,50	47,85	-3855,12	78,53	47,87	-3579,31	78,76	48,01	-3778,45
Ano 7	67,38	37,82	-3490,28	75,67	42,47	-3379,87	79,53	44,64	-3402,32	80,07	44,94	-3810,18	80,10	44,96	-3534,35	80,34	45,09	-3733,35
Ano 8	68,73	35,52	-3454,75	77,18	39,89	-3339,98	81,12	41,93	-3360,40	81,67	42,21	-3767,97	81,70	42,23	-3492,12	81,95	42,35	-3691,00
Ano 9	70,11	33,36	-3421,39	78,73	37,47	-3302,52	82,74	39,38	-3321,02	83,30	39,64	-3728,32	83,34	39,66	-3452,46	83,58	39,78	-3651,22
Ano 10	71,51	31,34	-3390,05	80,30	35,19	-3267,33	84,39	36,98	-3284,04	84,97	37,24	-3691,09	85,00	37,25	-3415,21	85,26	37,36	-3613,86
Ano 11	72,94	29,43	-3360,62	81,91	33,05	-3234,27	86,08	34,74	-3249,30	86,67	34,97	-3656,11	86,70	34,99	-3380,23	86,96	35,09	-3578,77
Ano 12	74,40	27,64	-3332,97	83,55	31,04	-3203,23	87,80	32,63	-3216,67	88,40	32,85	-3623,27	88,44	32,86	-3347,37	88,70	32,96	-3545,81
Ano 13	75,88	25,96	-3307,01	85,22	29,16	-3174,07	89,56	30,64	-3186,03	90,17	30,85	-3592,41	90,21	30,86	-3316,50	90,47	30,96	-3514,85
Ano 14	77,40	24,39	-3282,63	86,92	27,38	-3146,69	91,35	28,78	-3157,25	91,97	28,98	-3563,44	92,01	28,99	-3287,51	92,28	29,07	-3485,78
Ano 15	78,95	22,90	-3259,72	88,66	25,72	-3120,97	93,18	27,03	-3130,22	93,81	27,21	-3536,22	93,85	27,23	-3260,29	94,13	27,31	-3458,47
Ano 16	80,53	21,51	-3238,21	90,43	24,16	-3096,81	95,04	25,39	-3104,83	95,69	25,56	-3510,66	95,73	25,57	-3234,72	96,01	25,65	-3432,82
Ano 17	82,14	20,20	-3218,00	92,24	22,69	-3074,12	96,94	23,85	-3080,99	97,60	24,01	-3486,66	97,64	24,02	-3210,70	97,93	24,09	-3408,74
Ano 18	83,78	18,98	-3199,03	94,09	21,31	-3052,81	98,88	22,40	-3058,59	99,55	22,55	-3464,11	99,59	22,56	-3188,14	99,89	22,63	-3386,11
Ano 19	85,46	17,82	-3181,20	95,97	20,01	-3032,80	100,86	21,04	-3037,55	101,54	21,18	-3442,93	101,59	21,19	-3166,95	101,89	21,25	-3364,86
Ano 20	87,17	16,74	-3164,46	97,89	18,80	-3014,00	102,88	19,76	-3017,80	103,58	19,89	-3423,04	103,62	19,90	-3147,05	103,93	19,96	-3344,90
Ano 21	88,91	15,72	-3148,74	99,84	17,66	-2996,34	104,93	18,56	-2999,24	105,65	18,68	-3404,35	105,69	18,69	-3128,36	106,01	18,75	-3326,16
Ano 22	90,69	14,77	-3133,97	101,84	16,58	-2979,76	107,03	17,43	-2981,81	107,76	17,55	-3386,81	107,80	17,55	-3110,81	108,13	17,61	-3308,55
Ano 23	92,50	13,87	-3120,10	103,88	15,58	-2964,19	109,17	16,37	-2965,44	109,91	16,48	-3370,33	109,96	16,49	-3094,32	110,29	16,54	-3292,01
Ano 24	94,35	13,03	-3107,08	105,96	14,63	-2949,56	111,36	15,37	-2950,07	112,11	15,48	-3354,85	112,16	15,49	-3078,84	112,49	15,53	-3276,48
Ano 25	96,24	12,24	-3094,84	108,07	13,74	-2935,82	113,58	14,44	-2935,63	114,36	14,54	-3340,31	114,40	14,54	-3064,29	114,74	14,59	-3261,89
Ano 26	98,17	11,49	-3083,35	110,24	12,90	-2922,91	115,86	13,56	-2922,07	116,64	13,65	-3326,66	116,69	13,66	-3050,63	117,04	13,70	-3248,19
Ano 27	100,13	10,79	-3072,56	112,44	12,12	-2910,79	118,17	12,74	-2909,33	118,98	12,82	-3313,83	119,02	12,83	-3037,80	119,38	12,87	-3235,32
Ano 28	102,13	10,14	-3062,42	114,69	11,38	-2899,41	120,54	11,96	-2897,36	121,35	12,05	-3301,79	121,40	12,05	-3025,75	121,77	12,09	-3223,24
Ano 29	104,17	9,52	-3052,90	116,98	10,69	-2888,72	122,95	11,24	-2886,13	123,78	11,31	-3290,47	123,83	11,32	-3014,44	124,20	11,35	-3211,89
Ano 30	106,26	8,94	-3043,96	119,32	10,04	-2878,67	125,41	10,55	-2875,57	126,26	10,63	-3279,85	126,31	10,63	-3003,81	126,69	10,66	-3201,22
Ano 31	108,38	8,40	-3035,56	121,71	9,43	-2869,24	127,91	9,91	-2865,66	128,78	9,98	-3269,87	128,84	9,98	-2993,82	129,22	10,01	-3191,21
Ano 32	110,55	7,89	-3027,67	124,14	8,86	-2860,38	130,47	9,31	-2856,35	131,36	9,37	-3260,49	131,41	9,38	-2984,44	131,80	9,41	-3181,81
Ano 33	112,76	7,41	-3020,26	126,63	8,32	-2852,06	133,08	8,74	-2847,61	133,99	8,80	-3251,69	134,04	8,81	-2975,64	134,44	8,83	-3172,97
Ano 34	115,02	6,96	-3013,30	129,16	7,81	-2844,25	135,74	8,21	-2839,39	136,67	8,27	-3243,42	136,72	8,27	-2967,36	137,13	8,30	-3164,67
Ano 35	117,32	6,54	-3006,76	131,74	7,34	-2836,91	138,46	7,71	-2831,68	139,40	7,77	-3235,65	139,46	7,77	-2959,59	139,87	7,79	-3156,88
Ano 36	119,66	6,14	-3000,63	134,38	6,89	-2830,01	141,23	7,25	-2824,43	142,19	7,29	-3228,36	142,24	7,30	-2952,30	142,67	7,32	-3149,56
Ano 37	122,06	5,77	-2994,86	137,06	6,47	-2823,54	144,05	6,80	-2817,63	145,03	6,85	-3221,51	145,09	6,85	-2945,44	145,52	6,87	-3142,69
Ano 38	124,50	5,42	-2989,44	139,81	6,08	-2817,46	146,93	6,39	-2811,24	147,93	6,43	-3215,07	147,99	6,44	-2939,01	148,43	6,46	-3136,23
Ano 39	126,99	5,09	-2984,36	142,60	5,71	-2811,75	149,87	6,00	-2805,23	150,89	6,04	-3209,03	150,95	6,05	-2932,96	151,40	6,06	-3130,17
Ano 40	129,53	4,78	-2979,58	145,45	5,36	-2806,38	152,87	5,64	-2799,60	153,91	5,68	-3203,35	153,97	5,68	-2927,28	154,43	5,70	-3124,47
Ano 41	132,12	4,49	-2975,09	148,36	5,04	-2801,34	155,93	5,30	-2794,30	156,99	5,33	-3198,02	157,05	5,33	-2921,95	157,52	5,35	-3119,12
Ano 42	134,76	4,21	-2970,88	151,33	4,73	-2796,61	159,04	4,97	-2789,33	160,13	5,01	-3193,02	160,19	5,01	-2916,94	160,67	5,02	-3114,10
Ano 43	137,45	3,96	-2966,92	154,36	4,44	-2792,17	162,23	4,67	-2784,66	163,33	4,70	-3188,31	163,39	4,70	-2912,23	163,88	4,72	-3109,38
Ano 44	140,20	3,72	-2963,20	157,44	4,17	-2787,99	165,47	4,39	-2780,27	166,59	4,42	-3183,89	166,66	4,42	-2907,81	167,16	4,43	-3104,95
Ano 45	143,01	3,49	-2959,71	160,59	3,92	-2784,07	168,78	4,12	-2776,15	169,93	4,15	-3179,75	170,00	4,15	-2903,66	170,50	4,16	-3100,78
Ano 46	145,87	3,28	-2956,43	163,80	3,68	-2780,39	172,15	3,87	-2772,28	173,32	3,90	-3175,85	173,40	3,90	-2899,77	173,91	3,91	-3096,87
Ano 47	148,79	3,08	-2953,35	167,08	3,46	-2776,93	175,60	3,64	-2768,64	176,79	3,66	-3172,19	176,86	3,66	-2896,10	177,39	3,67	-3093,20
Ano 48	151,76	2,89	-2950,46	170,42	3,25	-2773,68	179,11	3,41	-2765,23	180,33	3,44	-3168,75	180,40	3,44	-2892,67	180,94	3,45	-3089,75
Ano 49	154,80	2,72	-2947,74	173,83	3,05	-2770,63	182,69	3,21	-2762,02	183,93	3,23	-3165,52	184,01	3,23	-2889,44	184,56	3,24	-3086,51
Ano 50	157,89	2,55	-2945,19	177,31	2,87	-2767,76	186,35	3,01	-2759,01	187,61	3,03	-3162,49	187,69	3,03	-2886,40	188,25	3,04	-3083,47
	Val = -2945,19	€		Val = -2767,76	€		Val = -2759,01	€		Val = -3162,49	€		Val = -2886,40	€		Val = -3083,47	€	

- Pala horizontal fixa

Ano	Solução 1			Solução 2			Solução 3			Solução 4			Solução 5			Solução 6		
	Custo Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav
Ano 0	-270,97	-	-	-570,57	-	-	-585,45	-	-	-436,62	-	-	-512,98	-	-	-365,42	-	-
Ano 1	15,79	14,54	-256,43	12,14	11,17	-559,39	17,22	15,85	-569,59	28,93	26,64	-409,98	27,92	25,71	-487,27	33,29	30,65	-334,77
Ano 2	15,94	13,52	-242,91	12,26	10,39	-549,00	17,39	14,74	-554,85	29,22	24,78	-385,20	28,20	23,91	-463,35	33,62	28,51	-306,27
Ano 3	16,18	12,64	-230,28	12,44	9,71	-539,29	17,65	13,78	-541,07	29,66	23,16	-362,04	28,63	22,35	-441,00	34,12	26,64	-279,63
Ano 4	16,43	11,81	-218,47	12,63	9,08	-530,21	17,91	12,88	-528,19	30,11	21,64	-340,40	29,06	20,89	-420,11	34,64	24,90	-254,73
Ano 5	16,72	11,07	-207,40	12,85	8,51	-521,70	18,24	12,07	-516,12	30,65	20,29	-320,11	29,58	19,58	-400,53	35,26	23,34	-231,38
Ano 6	17,06	10,40	-197,00	13,11	7,99	-513,71	18,60	11,34	-504,78	31,26	19,06	-301,05	30,17	18,39	-382,14	35,96	21,92	-209,46
Ano 7	17,40	9,77	-187,24	13,37	7,51	-506,20	18,97	10,65	-494,13	31,89	17,90	-283,16	30,77	17,27	-364,87	36,68	20,59	-188,87
Ano 8	17,75	9,17	-178,06	13,64	7,05	-499,15	19,35	10,00	-484,13	32,52	16,81	-266,35	31,39	16,22	-348,64	37,42	19,34	-169,53
Ano 9	18,10	8,61	-169,45	13,91	6,62	-492,53	19,74	9,39	-474,73	33,18	15,79	-250,56	32,02	15,24	-333,40	38,17	18,16	-151,37
Ano 10	18,46	8,09	-161,36	14,19	6,22	-486,31	20,13	8,82	-465,91	33,84	14,83	-235,73	32,66	14,31	-319,09	38,93	17,06	-134,31
Ano 11	18,83	7,60	-153,76	14,48	5,84	-480,46	20,54	8,29	-457,62	34,52	13,93	-221,80	33,31	13,44	-305,65	39,71	16,02	-118,29
Ano 12	19,21	7,14	-146,62	14,77	5,49	-474,98	20,95	7,78	-449,84	35,21	13,08	-208,72	33,98	12,63	-293,03	40,50	15,05	-103,24
Ano 13	19,59	6,70	-139,92	15,06	5,15	-469,82	21,37	7,31	-442,53	35,91	12,29	-196,43	34,66	11,86	-281,17	41,31	14,13	-89,10
Ano 14	19,98	6,30	-133,62	15,36	4,84	-464,98	21,79	6,87	-435,66	36,63	11,54	-184,89	35,35	11,14	-270,03	42,14	13,28	-75,83
Ano 15	20,38	5,91	-127,71	15,67	4,55	-460,44	22,23	6,45	-429,21	37,36	10,84	-174,05	36,06	10,46	-259,57	42,98	12,47	-63,36
Ano 16	20,79	5,55	-122,15	15,98	4,27	-456,17	22,68	6,06	-423,16	38,11	10,18	-163,87	36,78	9,82	-249,75	43,84	11,71	-51,65
Ano 17	21,21	5,22	-116,94	16,30	4,01	-452,16	23,13	5,69	-417,47	38,87	9,56	-154,31	37,51	9,23	-240,52	44,72	11,00	-40,65
Ano 18	21,63	4,90	-112,04	16,63	3,77	-448,39	23,59	5,34	-412,12	39,65	8,98	-145,33	38,26	8,67	-231,85	45,61	10,33	-30,32
Ano 19	22,06	4,60	-107,43	16,96	3,54	-444,86	24,06	5,02	-407,10	40,44	8,43	-136,90	39,03	8,14	-223,71	46,52	9,70	-20,62
Ano 20	22,51	4,32	-103,11	17,30	3,32	-441,53	24,54	4,71	-402,39	41,25	7,92	-128,98	39,81	7,65	-216,07	47,45	9,11	-11,50
Ano 21	22,96	4,06	-99,05	17,65	3,12	-438,41	25,04	4,43	-397,96	42,07	7,44	-121,54	40,61	7,18	-208,89	48,40	8,56	-2,94
Ano 22	23,42	3,81	-95,24	18,00	2,93	-435,48	25,54	4,16	-393,81	42,92	6,99	-114,55	41,42	6,74	-202,14	49,37	8,04	5,10
Ano 23	23,88	3,58	-91,66	18,36	2,75	-432,73	26,05	3,91	-389,90	43,77	6,56	-107,99	42,25	6,33	-195,81	50,36	7,55	12,65
Ano 24	24,36	3,36	-88,30	18,73	2,59	-430,14	26,57	3,67	-386,23	44,65	6,16	-101,82	43,09	5,95	-189,86	51,37	7,09	19,74
Ano 25	24,85	3,16	-85,14	19,10	2,43	-427,71	27,10	3,45	-382,79	45,54	5,79	-96,03	43,95	5,59	-184,27	52,39	6,66	26,40
Ano 26	25,35	2,97	-82,17	19,48	2,28	-425,43	27,64	3,24	-379,55	46,45	5,44	-90,59	44,83	5,25	-179,02	53,44	6,26	32,65
Ano 27	25,85	2,79	-79,38	19,87	2,14	-423,29	28,19	3,04	-376,51	47,38	5,11	-85,49	45,73	4,93	-174,09	54,51	5,88	38,53
Ano 28	26,37	2,62	-76,77	20,27	2,01	-421,28	28,76	2,85	-373,66	48,33	4,80	-80,69	46,64	4,63	-169,46	55,60	5,52	44,05
Ano 29	26,90	2,46	-74,31	20,68	1,89	-419,39	29,33	2,68	-370,98	49,30	4,51	-76,18	47,58	4,35	-165,11	56,71	5,18	49,23
Ano 30	27,43	2,31	-72,00	21,09	1,77	-417,61	29,92	2,52	-368,46	50,28	4,23	-71,95	48,53	4,08	-161,03	57,85	4,87	54,10
Ano 31	27,98	2,17	-69,83	21,51	1,67	-415,95	30,52	2,36	-366,09	51,29	3,97	-67,98	49,50	3,84	-157,19	59,00	4,57	58,67
Ano 32	28,54	2,04	-67,79	21,94	1,57	-414,38	31,13	2,22	-363,87	52,31	3,73	-64,24	50,49	3,60	-153,59	60,18	4,29	62,97
Ano 33	29,11	1,91	-65,88	22,38	1,47	-412,91	31,75	2,09	-361,79	53,36	3,51	-60,74	51,50	3,38	-150,21	61,39	4,03	67,00
Ano 34	29,70	1,80	-64,08	22,83	1,38	-411,53	32,39	1,96	-359,83	54,43	3,29	-57,44	52,53	3,18	-147,03	62,61	3,79	70,79
Ano 35	30,29	1,69	-62,40	23,28	1,30	-410,23	33,03	1,84	-357,99	55,52	3,09	-54,35	53,58	2,99	-144,04	63,87	3,56	74,35
Ano 36	30,90	1,59	-60,81	23,75	1,22	-409,01	33,69	1,73	-356,26	56,63	2,90	-51,45	54,65	2,80	-141,24	65,14	3,34	77,69
Ano 37	31,51	1,49	-59,32	24,23	1,14	-407,87	34,37	1,62	-354,63	57,76	2,73	-48,72	55,74	2,63	-138,61	66,45	3,14	80,83
Ano 38	32,14	1,40	-57,92	24,71	1,07	-406,80	35,06	1,52	-353,11	58,91	2,56	-46,16	56,86	2,47	-136,13	67,78	2,95	83,78
Ano 39	32,79	1,31	-56,61	25,20	1,01	-405,79	35,76	1,43	-351,68	60,09	2,41	-43,75	58,00	2,32	-133,81	69,13	2,77	86,55
Ano 40	33,44	1,23	-55,38	25,71	0,95	-404,84	36,47	1,35	-350,33	61,29	2,26	-41,49	59,16	2,18	-131,63	70,51	2,60	89,15
Ano 41	34,11	1,16	-54,22	26,22	0,89	-403,95	37,20	1,26	-349,07	62,52	2,12	-39,36	60,34	2,05	-129,58	71,92	2,44	91,59
Ano 42	34,79	1,09	-53,13	26,75	0,84	-403,11	37,95	1,19	-347,88	63,77	1,99	-37,37	61,55	1,92	-127,65	73,36	2,29	93,88
Ano 43	35,49	1,02	-52,11	27,28	0,79	-402,33	38,70	1,11	-346,77	65,05	1,87	-35,50	62,78	1,81	-125,85	74,83	2,15	96,04
Ano 44	36,20	0,96	-51,15	27,83	0,74	-401,59	39,48	1,05	-345,72	66,35	1,76	-33,74	64,03	1,70	-124,15	76,33	2,02	98,06
Ano 45	36,92	0,90	-50,25	28,38	0,69	-400,89	40,27	0,98	-344,74	67,67	1,65	-32,09	65,31	1,59	-122,55	77,85	1,90	99,96
Ano 46	37,66	0,85	-49,40	28,95	0,65	-400,24	41,07	0,92	-343,81	69,03	1,55	-30,53	66,62	1,50	-121,06	79,41	1,79	101,75
Ano 47	38,42	0,80	-48,61	29,53	0,61	-399,63	41,89	0,87	-342,95	70,41	1,46	-29,08	67,95	1,41	-119,65	81,00	1,68	103,42
Ano 48	39,18	0,75	-47,86	30,12	0,57	-399,06	42,73	0,81	-342,13	71,82	1,37	-27,71	69,31	1,32	-118,33	82,62	1,57	105,00
Ano 49	39,97	0,70	-47,16	30,72	0,54	-398,52	43,59	0,77	-341,37	73,25	1,29	-26,42	70,70	1,24	-117,09	84,27	1,48	106,48
Ano 50	40,77	0,66	-46,50	31,34	0,51	-398,01	44,46	0,72	-340,65	74,72	1,21	-25,21	72,11	1,17	-115,92	85,96	1,39	107,87
	Val =	-46,50	€	Val =	-398,01	€	Val =	-340,65	€	Val =	-25,21	€	Val =	-115,92	€	Val =	-107,87	€

(continuação)

Ano	Solução 7			Solução 8			Solução 9			Solução 10			Solução 11			Solução 12		
	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav
Ano 0	-473,15	-	-	-402,63	-	-	-443,64	-	-	-854,10	-	-	-578,43	-	-	-778,58	-	-
Ano 1	37,07	34,13	-439,02	30,71	28,28	-374,35	42,16	38,82	-404,82	54,23	49,94	-804,16	55,32	50,94	-527,49	63,59	58,55	-720,03
Ano 2	37,44	31,74	-407,27	31,02	26,30	-348,05	42,58	36,10	-368,72	54,77	46,44	-757,72	55,87	47,37	-480,12	64,22	54,45	-665,58
Ano 3	38,00	29,67	-377,60	31,49	24,58	-323,47	43,22	33,74	-334,98	55,59	43,41	-714,31	56,71	44,27	-435,85	65,19	50,89	-614,69
Ano 4	38,57	27,73	-349,87	31,96	22,97	-300,49	43,87	31,54	-303,44	56,43	40,57	-673,74	57,56	41,38	-394,47	66,16	47,57	-567,12
Ano 5	39,27	25,99	-323,88	32,53	21,54	-278,95	44,66	29,56	-273,88	57,44	38,03	-635,72	58,59	38,79	-355,68	67,35	44,59	-522,53
Ano 6	40,05	24,41	-299,47	33,18	20,23	-258,73	45,55	27,76	-246,12	58,59	35,72	-600,00	59,77	36,43	-319,25	68,70	41,88	-480,65
Ano 7	40,85	22,93	-276,54	33,85	19,00	-239,73	46,46	26,08	-220,04	59,77	33,55	-566,45	60,96	34,22	-285,04	70,08	39,33	-441,32
Ano 8	41,67	21,54	-255,00	34,52	17,84	-221,88	47,39	24,49	-195,55	60,96	31,51	-534,95	62,18	32,14	-252,90	71,48	36,94	-404,38
Ano 9	42,50	20,23	-234,77	35,21	16,76	-205,13	48,34	23,00	-172,54	62,18	29,59	-505,35	63,42	30,18	-222,71	72,91	34,70	-369,68
Ano 10	43,35	19,00	-215,78	35,92	15,74	-189,38	49,30	21,61	-150,94	63,42	27,79	-477,56	64,69	28,35	-194,36	74,36	32,59	-337,09
Ano 11	44,22	17,84	-197,93	36,64	14,78	-174,60	50,29	20,29	-130,64	64,69	26,10	-451,45	65,99	26,63	-167,74	75,85	30,61	-306,48
Ano 12	45,10	16,76	-181,17	37,37	13,89	-160,71	51,29	19,06	-111,58	65,99	24,52	-426,94	67,31	25,01	-142,73	77,37	28,75	-277,73
Ano 13	46,01	15,74	-165,43	38,12	13,04	-147,67	52,32	17,90	-93,68	67,31	23,03	-403,91	68,65	23,49	-119,24	78,92	27,00	-250,73
Ano 14	46,93	14,78	-150,65	38,88	12,25	-135,42	53,37	16,81	-76,87	68,65	21,63	-382,28	70,02	22,06	-97,18	80,49	25,36	-225,37
Ano 15	47,86	13,89	-136,76	39,66	11,50	-123,92	54,43	15,79	-61,08	70,02	20,31	-361,96	71,42	20,72	-76,46	82,10	23,82	-201,55
Ano 16	48,82	13,04	-123,72	40,45	10,81	-113,11	55,52	14,83	-46,25	71,43	19,08	-342,88	72,85	19,46	-57,00	83,75	22,37	-179,18
Ano 17	49,80	12,25	-111,47	41,26	10,15	-102,97	56,63	13,93	-32,32	72,85	17,92	-324,96	74,31	18,28	-38,72	85,42	21,01	-158,17
Ano 18	50,79	11,50	-99,97	42,08	9,53	-93,43	57,77	13,08	-19,23	74,31	16,83	-308,13	75,80	17,17	-21,55	87,13	19,73	-138,44
Ano 19	51,81	10,81	-89,16	42,93	8,95	-84,48	58,92	12,29	-6,94	75,80	15,81	-292,32	77,31	16,12	-5,43	88,87	18,54	-119,90
Ano 20	52,85	10,15	-79,01	43,78	8,41	-76,07	60,10	11,54	4,60	77,31	14,85	-277,48	78,86	15,14	9,72	90,65	17,41	-102,49
Ano 21	53,90	9,53	-69,48	44,66	7,90	-68,17	61,30	10,84	15,44	78,86	13,95	-263,53	80,44	14,22	23,94	92,46	16,35	-86,14
Ano 22	54,98	8,95	-60,53	45,55	7,42	-60,76	62,53	10,18	25,62	80,44	13,10	-250,43	82,04	13,36	37,30	94,31	15,36	-70,78
Ano 23	56,08	8,41	-52,12	46,46	6,97	-53,79	63,78	9,56	35,18	82,05	12,30	-238,13	83,69	12,55	49,85	96,20	14,42	-56,36
Ano 24	57,20	7,90	-44,22	47,39	6,54	-47,25	65,05	8,98	44,17	83,69	11,55	-226,58	85,36	11,79	61,64	98,12	13,55	-42,81
Ano 25	58,35	7,42	-36,80	48,34	6,15	-41,10	66,36	8,44	52,60	85,36	10,85	-215,73	87,07	11,07	72,70	100,08	12,72	-30,09
Ano 26	59,51	6,97	-29,84	49,31	5,77	-35,33	67,68	7,92	60,52	87,07	10,19	-205,53	88,81	10,40	83,10	102,09	11,95	-18,14
Ano 27	60,70	6,54	-23,29	50,29	5,42	-29,91	69,04	7,44	67,97	88,81	9,57	-195,96	90,58	9,76	92,87	104,13	11,22	-6,91
Ano 28	61,92	6,15	-17,15	51,30	5,09	-24,81	70,42	6,99	74,96	90,58	8,99	-186,97	92,40	9,17	102,04	106,21	10,54	3,63
Ano 29	63,16	5,77	-11,37	52,33	4,78	-20,03	71,82	6,56	81,52	92,40	8,44	-178,52	94,24	8,61	110,65	108,34	9,90	13,53
Ano 30	64,42	5,42	-5,95	53,37	4,49	-15,54	73,26	6,17	87,69	94,24	7,93	-170,59	96,13	8,09	118,74	110,50	9,30	22,83
Ano 31	65,71	5,09	-0,86	54,44	4,22	-11,32	74,73	5,79	93,48	96,13	7,45	-163,14	98,05	7,60	126,34	112,71	8,73	31,56
Ano 32	67,02	4,78	3,92	55,53	3,96	-7,36	76,22	5,44	98,92	98,05	7,00	-156,15	100,01	7,14	133,48	114,97	8,20	39,77
Ano 33	68,36	4,49	8,41	56,64	3,72	-3,64	77,75	5,11	104,02	100,01	6,57	-149,58	102,01	6,70	140,18	117,27	7,71	47,47
Ano 34	69,73	4,22	12,63	57,77	3,50	-0,14	79,30	4,80	108,82	102,01	6,17	-143,40	104,05	6,30	146,47	119,61	7,24	54,71
Ano 35	71,12	3,96	16,60	58,93	3,28	3,14	80,89	4,51	113,33	104,05	5,80	-137,61	106,13	5,91	152,39	122,00	6,80	61,51
Ano 36	72,55	3,72	20,32	60,11	3,08	6,23	82,50	4,23	117,56	106,13	5,44	-132,16	108,26	5,55	157,94	124,44	6,38	67,89
Ano 37	74,00	3,50	23,81	61,31	2,90	9,12	84,15	3,98	121,54	108,26	5,11	-127,05	110,42	5,22	163,16	126,93	6,00	73,89
Ano 38	75,48	3,28	27,10	62,54	2,72	11,84	85,84	3,73	125,27	110,42	4,80	-122,24	112,63	4,90	168,06	129,47	5,63	79,52
Ano 39	76,99	3,08	30,18	63,79	2,55	14,40	87,55	3,51	128,78	112,63	4,51	-117,73	114,88	4,60	172,66	132,06	5,29	84,81
Ano 40	78,53	2,90	33,08	65,06	2,40	16,80	89,31	3,29	132,07	114,88	4,24	-113,50	117,18	4,32	176,98	134,70	4,97	89,78
Ano 41	80,10	2,72	35,80	66,36	2,25	19,05	91,09	3,09	135,16	117,18	3,98	-109,52	119,52	4,06	181,04	137,40	4,67	94,44
Ano 42	81,70	2,55	38,35	67,69	2,12	21,17	92,91	2,91	138,07	119,52	3,74	-105,78	121,91	3,81	184,85	140,14	4,38	98,82
Ano 43	83,33	2,40	40,75	69,04	1,99	23,15	94,77	2,73	140,80	121,91	3,51	-102,27	124,35	3,58	188,43	142,95	4,12	102,94
Ano 44	85,00	2,25	43,00	70,43	1,87	25,02	96,67	2,56	143,36	124,35	3,30	-98,97	126,84	3,36	191,79	145,80	3,87	106,81
Ano 45	86,70	2,12	45,12	71,83	1,75	26,78	98,60	2,41	145,77	126,84	3,10	-95,87	129,38	3,16	194,95	148,72	3,63	110,44
Ano 46	88,43	1,99	47,11	73,27	1,65	28,42	100,57	2,26	148,03	129,38	2,91	-92,97	131,96	2,97	197,92	151,70	3,41	113,85
Ano 47	90,20	1,87	48,98	74,74	1,55	29,97	102,58	2,12	150,15	131,96	2,73	-90,23	134,60	2,79	200,71	154,73	3,20	117,05
Ano 48	92,01	1,75	50,73	76,23	1,45	31,42	104,64	1,99	152,15	134,60	2,57	-87,67	137,30	2,62	203,32	157,82	3,01	120,06
Ano 49	93,85	1,65	52,38	77,76	1,36	32,79	106,73	1,87	154,02	137,30	2,41	-85,26	140,04	2,46	205,78	160,98	2,83	122,89
Ano 50	95,72	1,55	53,93	79,31	1,28	34,07	108,86	1,76	155,78	140,04	2,26	-82,99	142,84	2,31	208,09	164,20	2,65	125,54
	Val =	53,93	€	Val =	34,07	€	Val =	155,78	€	Val =	-82,99	€	Val =	208,09	€	Val =	125,54	€

- Pala horizontal móvel

Ano	Solução 1			Solução 2			Solução 3			Solução 4			Solução 5			Solução 6		
	Custo Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento	Custo Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento
Ano 0	-157,84	-	-	-457,44	-	-	-472,32	-	-	-323,49	-	-	-399,85	-	-	-252,29	-	-
Ano 1	8,87	8,17	-149,67	4,59	4,23	-453,21	10,55	9,72	-462,60	24,50	22,56	-300,93	23,23	21,39	-378,46	29,63	27,28	-225,01
Ano 2	8,96	7,60	-142,07	4,63	3,93	-449,28	10,66	9,04	-453,56	24,74	20,98	-279,95	23,46	19,89	-358,57	29,93	25,38	-199,63
Ano 3	9,10	7,10	-134,97	4,70	3,67	-445,61	10,82	8,45	-445,11	25,12	19,61	-260,34	23,81	18,59	-339,98	30,38	23,72	-175,92
Ano 4	9,23	6,64	-128,33	4,78	3,43	-442,17	10,98	7,89	-437,22	25,49	18,33	-242,02	24,17	17,38	-322,60	30,83	22,17	-153,75
Ano 5	9,40	6,22	-122,11	4,86	3,22	-438,96	11,18	7,40	-429,82	25,95	17,18	-224,84	24,60	16,29	-306,32	31,39	20,78	-132,97
Ano 6	9,59	5,84	-116,27	4,96	3,02	-435,93	11,40	6,95	-422,87	26,47	16,14	-208,70	25,10	15,30	-291,02	32,01	19,51	-113,46
Ano 7	9,78	5,49	-110,78	5,06	2,84	-433,10	11,63	6,53	-416,34	27,00	15,16	-193,55	25,60	14,37	-276,65	32,65	18,33	-95,13
Ano 8	9,97	5,15	-105,62	5,16	2,67	-430,43	11,86	6,13	-410,21	27,54	14,23	-179,31	26,11	13,49	-263,16	33,31	17,22	-77,92
Ano 9	10,17	4,84	-100,78	5,26	2,50	-427,92	12,10	5,76	-404,45	28,09	13,37	-165,94	26,63	12,67	-250,48	33,97	16,17	-61,75
Ano 10	10,38	4,55	-96,23	5,37	2,35	-425,57	12,34	5,41	-399,04	28,65	12,56	-153,39	27,16	11,90	-238,58	34,65	15,19	-46,56
Ano 11	10,58	4,27	-91,96	5,47	2,21	-423,36	12,59	5,08	-393,96	29,23	11,79	-141,59	27,71	11,18	-227,40	35,35	14,26	-32,30
Ano 12	10,80	4,01	-87,95	5,58	2,07	-421,29	12,84	4,77	-389,19	29,81	11,08	-130,52	28,26	10,50	-216,90	36,05	13,40	-18,90
Ano 13	11,01	3,77	-84,18	5,70	1,95	-419,34	13,10	4,48	-384,71	30,41	10,40	-120,11	28,83	9,86	-207,03	36,77	12,58	-6,32
Ano 14	11,23	3,54	-80,65	5,81	1,83	-417,51	13,36	4,21	-380,50	31,01	9,77	-110,34	29,40	9,26	-197,77	37,51	11,82	5,50
Ano 15	11,46	3,32	-77,32	5,93	1,72	-415,79	13,63	3,95	-376,54	31,63	9,18	-101,16	29,99	8,70	-189,07	38,26	11,10	16,60
Ano 16	11,69	3,12	-74,20	6,04	1,61	-414,18	13,90	3,71	-372,83	32,27	8,62	-92,54	30,59	8,17	-180,90	39,03	10,42	27,02
Ano 17	11,92	2,93	-71,27	6,16	1,52	-412,66	14,18	3,49	-369,34	32,91	8,10	-84,45	31,20	7,68	-173,22	39,81	9,79	36,81
Ano 18	12,16	2,75	-68,52	6,29	1,42	-411,24	14,46	3,28	-366,07	33,57	7,60	-76,84	31,83	7,21	-166,01	40,60	9,20	46,01
Ano 19	12,40	2,59	-65,93	6,41	1,34	-409,90	14,75	3,08	-362,99	34,24	7,14	-69,70	32,46	6,77	-159,24	41,41	8,64	54,65
Ano 20	12,65	2,43	-63,50	6,54	1,26	-408,64	15,05	2,89	-360,10	34,93	6,71	-63,00	33,11	6,36	-152,88	42,24	8,11	62,76
Ano 21	12,90	2,28	-61,22	6,67	1,18	-407,46	15,35	2,71	-357,39	35,63	6,30	-56,70	33,78	5,97	-146,91	43,09	7,62	70,38
Ano 22	13,16	2,14	-59,07	6,81	1,11	-406,35	15,65	2,55	-354,84	36,34	5,92	-50,78	34,45	5,61	-141,30	43,95	7,16	77,54
Ano 23	13,42	2,01	-57,06	6,94	1,04	-405,31	15,97	2,39	-352,44	37,07	5,56	-45,22	35,14	5,27	-136,03	44,83	6,72	84,26
Ano 24	13,69	1,89	-55,17	7,08	0,98	-404,33	16,29	2,25	-350,20	37,81	5,22	-40,00	35,84	4,95	-131,08	45,72	6,31	90,57
Ano 25	13,97	1,78	-53,40	7,22	0,92	-403,42	16,61	2,11	-348,08	38,56	4,90	-35,10	36,56	4,65	-126,43	46,64	5,93	96,50
Ano 26	14,24	1,67	-51,73	7,37	0,86	-402,55	16,94	1,98	-346,10	39,33	4,60	-30,49	37,29	4,37	-122,07	47,57	5,57	102,07
Ano 27	14,53	1,57	-50,16	7,52	0,81	-401,74	17,28	1,86	-344,24	40,12	4,32	-26,17	38,04	4,10	-117,97	48,52	5,23	107,30
Ano 28	14,82	1,47	-48,69	7,67	0,76	-400,98	17,63	1,75	-342,49	40,92	4,06	-22,11	38,80	3,85	-114,12	49,49	4,91	112,21
Ano 29	15,12	1,38	-47,31	7,82	0,71	-400,27	17,98	1,64	-340,84	41,74	3,82	-18,29	39,57	3,62	-110,50	50,48	4,61	116,83
Ano 30	15,42	1,30	-46,01	7,98	0,67	-399,60	18,34	1,54	-339,30	42,58	3,58	-14,71	40,37	3,40	-107,10	51,49	4,33	121,16
Ano 31	15,73	1,22	-44,79	8,13	0,63	-398,97	18,71	1,45	-337,85	43,43	3,37	-11,34	41,17	3,19	-103,91	52,52	4,07	125,23
Ano 32	16,04	1,14	-43,65	8,30	0,59	-398,37	19,08	1,36	-336,49	44,30	3,16	-8,18	42,00	3,00	-100,92	53,57	3,82	129,05
Ano 33	16,36	1,08	-42,57	8,46	0,56	-397,82	19,46	1,28	-335,21	45,18	2,97	-5,21	42,84	2,81	-98,10	54,65	3,59	132,64
Ano 34	16,69	1,01	-41,56	8,63	0,52	-397,30	19,85	1,20	-334,01	46,09	2,79	-2,42	43,69	2,64	-95,46	55,74	3,37	136,02
Ano 35	17,02	0,95	-40,62	8,81	0,49	-396,81	20,25	1,13	-332,88	47,01	2,62	0,19	44,57	2,48	-92,98	56,85	3,17	139,18
Ano 36	17,36	0,89	-39,72	8,98	0,46	-396,34	20,65	1,06	-331,82	47,95	2,46	2,65	45,46	2,33	-90,64	57,99	2,97	142,16
Ano 37	17,71	0,84	-38,89	9,16	0,43	-395,91	21,07	1,00	-330,83	48,91	2,31	4,96	46,37	2,19	-88,45	59,15	2,79	144,95
Ano 38	18,07	0,79	-38,10	9,34	0,41	-395,51	21,49	0,93	-329,89	49,89	2,17	7,13	47,29	2,06	-86,40	60,33	2,62	147,58
Ano 39	18,43	0,74	-37,36	9,53	0,38	-395,12	21,92	0,88	-329,01	50,88	2,04	9,17	48,24	1,93	-84,46	61,54	2,46	150,04
Ano 40	18,80	0,69	-36,67	9,72	0,36	-394,77	22,36	0,82	-328,19	51,90	1,91	11,09	49,20	1,81	-82,65	62,77	2,32	152,36
Ano 41	19,17	0,65	-36,02	9,92	0,34	-394,43	22,80	0,77	-327,41	52,94	1,80	12,88	50,19	1,70	-80,94	64,03	2,17	154,53
Ano 42	19,56	0,61	-35,41	10,11	0,32	-394,11	23,26	0,73	-326,69	54,00	1,69	14,57	51,19	1,60	-79,34	65,31	2,04	156,57
Ano 43	19,95	0,57	-34,83	10,32	0,30	-393,82	23,73	0,68	-326,00	55,08	1,59	16,16	52,22	1,50	-77,84	66,61	1,92	158,49
Ano 44	20,35	0,54	-34,29	10,52	0,28	-393,54	24,20	0,64	-325,36	56,18	1,49	17,65	53,26	1,41	-76,43	67,94	1,80	160,29
Ano 45	20,75	0,51	-33,79	10,73	0,26	-393,27	24,68	0,60	-324,76	57,30	1,40	19,05	54,33	1,33	-75,10	69,30	1,69	161,99
Ano 46	21,17	0,48	-33,31	10,95	0,25	-393,03	25,18	0,57	-324,19	58,45	1,31	20,36	55,41	1,25	-73,86	70,69	1,59	163,57
Ano 47	21,59	0,45	-32,86	11,17	0,23	-392,80	25,68	0,53	-323,66	59,62	1,23	21,60	56,52	1,17	-72,69	72,10	1,49	165,07
Ano 48	22,02	0,42	-32,44	11,39	0,22	-392,58	26,20	0,50	-323,16	60,81	1,16	22,75	57,65	1,10	-71,59	73,55	1,40	166,47
Ano 49	22,46	0,39	-32,05	11,62	0,20	-392,38	26,72	0,47	-322,69	62,03	1,09	23,84	58,80	1,03	-70,55	75,02	1,32	167,79
Ano 50	22,91	0,37	-31,68	11,85	0,19	-392,18	27,25	0,44	-322,25	63,27	1,02	24,87	59,98	0,97	-69,58	76,52	1,24	169,02
Val =	-31,68	€		-392,18	€		-322,25	€		24,87	€		-69,58	€		169,02	€	

(continuação)

Ano	Solução 7			Solução 8			Solução 9			Solução 10			Solução 11			Solução 12		
	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav
Ano 0	-360,02	-	-	-289,50	-	-	-330,51	-	-	-740,97	-	-	-465,30	-	-	-665,45	-	-
Ano 1	34,17	31,47	-328,56	24,81	22,85	-266,65	37,53	34,56	-295,95	51,71	47,62	-693,35	52,99	48,79	-416,51	62,64	57,68	-607,77
Ano 2	34,52	29,27	-299,29	25,06	21,25	-245,40	37,91	32,14	-263,81	52,23	44,29	-649,06	53,52	45,38	-371,13	63,27	53,64	-554,13
Ano 3	35,03	27,35	-271,94	25,44	19,86	-225,54	38,47	30,04	-233,77	53,01	41,39	-607,67	54,32	42,41	-328,72	64,22	50,14	-503,99
Ano 4	35,56	25,56	-246,37	25,82	18,56	-206,97	39,05	28,07	-205,70	53,81	38,68	-568,99	55,14	39,64	-289,08	65,18	46,86	-457,13
Ano 5	36,20	23,96	-222,41	26,29	17,40	-189,57	39,75	26,32	-179,38	54,78	36,26	-532,72	56,13	37,16	-251,92	66,35	43,93	-413,20
Ano 6	36,92	22,51	-199,91	26,81	16,34	-173,23	40,55	24,72	-154,66	55,87	34,06	-498,66	57,25	34,90	-217,03	67,68	41,26	-371,95
Ano 7	37,66	21,14	-178,77	27,35	15,35	-157,88	41,36	23,22	-131,45	56,99	31,99	-466,68	58,40	32,78	-184,25	69,03	38,75	-333,20
Ano 8	38,41	19,85	-158,91	27,89	14,42	-143,46	42,19	21,80	-109,64	58,13	30,04	-436,63	59,56	30,79	-153,46	70,42	36,39	-296,80
Ano 9	39,18	18,65	-140,26	28,45	13,54	-129,92	43,03	20,48	-89,16	59,29	28,22	-408,41	60,76	28,91	-124,55	71,82	34,18	-262,62
Ano 10	39,97	17,51	-122,75	29,02	12,72	-117,20	43,89	19,23	-69,93	60,48	26,50	-381,91	61,97	27,16	-97,39	73,26	32,10	-230,52
Ano 11	40,77	16,45	-106,30	29,60	11,95	-105,26	44,77	18,07	-51,86	61,69	24,89	-357,02	63,21	25,51	-71,88	74,73	30,15	-200,36
Ano 12	41,58	15,45	-90,85	30,19	11,22	-94,04	45,67	16,97	-34,90	62,92	23,38	-333,64	64,47	23,96	-47,93	76,22	28,32	-172,04
Ano 13	42,41	14,51	-76,34	30,80	10,54	-83,50	46,58	15,94	-18,96	64,18	21,96	-311,68	65,76	22,50	-25,43	77,74	26,60	-145,44
Ano 14	43,26	13,63	-62,71	31,41	9,90	-73,61	47,51	14,97	-9,99	65,46	20,62	-291,05	67,08	21,13	-4,29	79,30	24,98	-120,46
Ano 15	44,13	12,80	-49,91	32,04	9,30	-64,31	48,46	14,06	-10,07	66,77	19,37	-271,68	68,42	19,85	-15,55	80,89	23,47	-96,99
Ano 16	45,01	12,02	-37,89	32,68	8,73	-55,58	49,43	13,20	-23,27	68,11	18,19	-253,49	69,79	18,64	-34,20	82,50	22,04	-74,95
Ano 17	45,91	11,29	-26,59	33,34	8,20	-47,38	50,42	12,40	-35,67	69,47	17,09	-236,40	71,18	17,51	-51,71	84,15	20,70	-54,25
Ano 18	46,83	10,61	-15,99	34,00	7,70	-39,68	51,43	11,65	-47,32	70,86	16,05	-220,35	72,61	16,45	-68,15	85,84	19,44	-34,81
Ano 19	47,76	9,96	-6,03	34,68	7,23	-32,45	52,46	10,94	-58,26	72,28	15,07	-205,27	74,06	15,45	-83,60	87,55	18,26	-16,55
Ano 20	48,72	9,36	3,33	35,38	6,79	-25,65	53,50	10,28	-68,54	73,72	14,16	-191,12	75,54	14,51	-98,11	89,30	17,15	0,60
Ano 21	49,69	8,79	12,12	36,08	6,38	-19,27	54,57	9,65	-78,19	75,20	13,30	-177,82	77,05	13,63	-111,73	91,09	16,11	16,71
Ano 22	50,69	8,25	20,37	36,81	5,99	-13,28	55,67	9,06	-87,25	76,70	12,49	-165,33	78,59	12,80	-124,53	92,91	15,13	31,83
Ano 23	51,70	7,75	28,32	37,54	5,63	-7,65	56,78	8,51	-95,77	78,24	11,73	-153,60	80,17	12,02	-136,55	94,77	14,21	46,04
Ano 24	52,73	7,28	35,40	38,29	5,29	-2,36	57,91	8,00	-103,76	79,80	11,02	-142,58	81,77	11,29	-147,84	96,67	13,35	59,39
Ano 25	53,79	6,84	42,24	39,06	4,97	2,60	59,07	7,51	-111,27	81,40	10,35	-132,23	83,40	10,60	-158,44	98,60	12,54	71,93
Ano 26	54,86	6,42	48,66	39,84	4,66	7,27	60,25	7,05	-118,33	83,03	9,72	-122,51	85,07	9,96	-168,40	100,57	11,77	83,70
Ano 27	55,96	6,03	54,70	40,64	4,38	11,65	61,46	6,62	-124,95	84,69	9,13	-113,38	86,77	9,35	-177,75	102,58	11,06	94,76
Ano 28	57,08	5,67	60,36	41,45	4,11	15,76	62,69	6,22	-131,17	86,38	8,57	-104,81	88,51	8,79	-186,54	104,63	10,39	105,14
Ano 29	58,22	5,32	65,68	42,28	3,86	19,63	63,94	5,84	-137,02	88,11	8,05	-96,76	90,28	8,25	-194,79	106,73	9,75	114,90
Ano 30	59,39	5,00	70,68	43,12	3,63	23,26	65,22	5,49	-142,51	89,87	7,56	-89,19	92,08	7,75	-202,54	108,86	9,16	124,06
Ano 31	60,57	4,69	75,38	43,99	3,41	26,67	66,53	5,16	-147,66	91,67	7,10	-82,09	93,93	7,28	-209,82	111,04	8,60	132,66
Ano 32	61,79	4,41	79,79	44,87	3,20	29,87	67,86	4,84	-152,50	93,50	6,67	-75,42	95,80	6,84	-216,66	113,26	8,08	140,75
Ano 33	63,02	4,14	83,93	45,76	3,01	32,87	69,21	4,55	-157,05	95,37	6,27	-69,15	97,72	6,42	-223,08	115,52	7,59	148,34
Ano 34	64,28	3,89	87,82	46,68	2,82	35,70	70,60	4,27	-161,32	97,28	5,89	-63,27	99,68	6,03	-229,11	117,83	7,13	155,47
Ano 35	65,57	3,65	91,47	47,61	2,65	38,35	72,01	4,01	-165,34	99,22	5,53	-57,74	101,67	5,66	-234,77	120,19	6,70	162,16
Ano 36	66,88	3,43	94,90	48,56	2,49	40,84	73,45	3,77	-169,10	101,21	5,19	-52,55	103,70	5,32	-240,09	122,60	6,29	168,45
Ano 37	68,22	3,22	98,12	49,54	2,34	43,18	74,92	3,54	-172,64	103,23	4,88	-47,67	105,78	5,00	-245,09	125,05	5,91	174,36
Ano 38	69,58	3,03	101,15	50,53	2,20	45,38	76,42	3,32	-175,97	105,30	4,58	-43,09	107,89	4,69	-249,78	127,55	5,55	179,91
Ano 39	70,97	2,84	103,99	51,54	2,06	47,44	77,95	3,12	-179,09	107,40	4,30	-38,79	110,05	4,41	-254,19	130,10	5,21	185,12
Ano 40	72,39	2,67	106,66	52,57	1,94	49,38	79,50	2,93	-182,02	109,55	4,04	-34,75	112,25	4,14	-258,33	132,70	4,89	190,01
Ano 41	73,84	2,51	109,17	53,62	1,82	51,20	81,09	2,75	-184,77	111,74	3,79	-30,95	114,50	3,89	-262,22	135,36	4,60	194,61
Ano 42	75,32	2,36	111,52	54,69	1,71	52,91	82,72	2,59	-187,36	113,98	3,56	-27,39	116,79	3,65	-265,87	138,06	4,32	198,93
Ano 43	76,82	2,21	113,74	55,79	1,61	54,52	84,37	2,43	-189,79	116,26	3,35	-24,04	119,12	3,43	-269,30	140,82	4,06	202,98
Ano 44	78,36	2,08	115,81	56,90	1,51	56,03	86,06	2,28	-192,07	118,58	3,14	-20,90	121,50	3,22	-272,52	143,64	3,81	206,79
Ano 45	79,93	1,95	117,77	58,04	1,42	57,45	87,78	2,14	-194,22	120,95	2,95	-17,94	123,93	3,03	-275,55	146,51	3,58	210,37
Ano 46	81,53	1,83	119,60	59,20	1,33	58,78	89,54	2,01	-196,23	123,37	2,77	-15,17	126,41	2,84	-278,39	149,44	3,36	213,73
Ano 47	83,16	1,72	121,32	60,38	1,25	60,03	91,33	1,89	-198,12	125,84	2,61	-12,56	128,94	2,67	-281,06	152,43	3,16	216,88
Ano 48	84,82	1,62	122,94	61,59	1,17	61,20	93,15	1,78	-199,89	128,36	2,45	-10,12	131,52	2,51	-283,57	155,48	2,96	219,85
Ano 49	86,52	1,52	124,46	62,82	1,10	62,30	95,02	1,67	-201,56	130,92	2,30	-7,82	134,15	2,35	-285,92	158,59	2,78	222,63
Ano 50	88,25	1,43	125,88	64,08	1,04	63,34	96,92	1,57	-203,13	133,54	2,16	-5,66	136,83	2,21	-288,13	161,76	2,61	225,24
	Val =	125,88	€	Val =	63,34	€	Val =	203,13	€	Val =	-5,66	€	Val =	288,13	€	Val =	225,24	€

- Pala horizontal e vertical fixa (mais eficiente)

Ano	Solução 1			Solução 2			Solução 3			Solução 4			Solução 5			Solução 6		
	Custo Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav
Ano 0	-412,17	-	-	-711,77	-	-	-726,65	-	-	-577,82	-	-	-654,18	-	-	-506,62	-	-
Ano 1	19,97	18,39	-393,78	16,69	15,37	-696,40	21,26	19,57	-707,08	31,68	29,17	-548,66	30,82	28,38	-625,80	35,57	32,76	-473,87
Ano 2	20,17	17,10	-376,68	16,86	14,30	-682,10	21,47	18,20	-688,88	31,99	27,13	-521,53	31,13	26,39	-599,41	35,93	30,47	-443,40
Ano 3	20,48	15,99	-360,69	17,11	13,36	-668,74	21,79	17,01	-671,86	32,47	25,35	-496,18	31,59	24,67	-574,75	36,47	28,47	-414,93
Ano 4	20,78	14,94	-345,75	17,37	12,49	-656,25	22,12	15,90	-655,96	32,96	23,69	-472,48	32,07	23,05	-551,69	37,02	26,61	-388,32
Ano 5	21,16	14,01	-331,74	17,68	11,71	-644,55	22,51	14,90	-641,06	33,55	22,21	-450,27	32,64	21,61	-530,08	37,68	24,95	-363,37
Ano 6	21,58	13,15	-318,59	18,04	10,99	-633,55	22,96	14,00	-627,06	34,22	20,86	-429,41	33,30	20,30	-509,79	38,44	23,43	-339,94
Ano 7	22,01	12,35	-306,23	18,40	10,33	-623,23	23,42	13,15	-613,91	34,91	19,59	-409,82	33,96	19,06	-490,72	39,21	22,01	-317,93
Ano 8	22,45	11,60	-294,63	18,76	9,70	-613,53	23,89	12,35	-601,56	35,61	18,40	-391,42	34,64	17,90	-472,82	39,99	20,67	-297,27
Ano 9	22,90	10,90	-283,73	19,14	9,11	-604,42	24,37	11,60	-589,96	36,32	17,28	-374,13	35,33	16,82	-456,00	40,79	19,41	-277,85
Ano 10	23,36	10,24	-273,49	19,52	8,56	-595,87	24,86	10,89	-579,07	37,04	16,23	-357,90	36,04	15,79	-440,21	41,61	18,23	-259,62
Ano 11	23,83	9,61	-263,88	19,91	8,04	-587,83	25,36	10,23	-568,84	37,79	15,25	-342,65	36,76	14,83	-425,37	42,44	17,12	-242,50
Ano 12	24,30	9,03	-254,85	20,31	7,55	-580,28	25,86	9,61	-559,23	38,54	14,32	-328,33	37,50	13,93	-411,44	43,29	16,08	-226,41
Ano 13	24,79	8,48	-246,37	20,72	7,09	-573,19	26,38	9,03	-550,20	39,31	13,45	-314,88	38,25	13,09	-398,35	44,15	15,11	-211,31
Ano 14	25,28	7,97	-238,40	21,13	6,66	-566,54	26,91	8,48	-541,73	40,10	12,63	-302,25	39,01	12,29	-386,06	45,03	14,19	-197,12
Ano 15	25,79	7,48	-230,92	21,55	6,25	-560,28	27,45	7,96	-533,77	40,90	11,87	-290,38	39,79	11,54	-374,52	45,94	13,33	-183,79
Ano 16	26,31	7,03	-223,90	21,99	5,87	-554,41	27,99	7,48	-526,29	41,72	11,14	-279,24	40,59	10,84	-363,68	46,85	12,52	-171,28
Ano 17	26,83	6,60	-217,30	22,43	5,52	-548,90	28,55	7,02	-519,26	42,55	10,47	-268,77	41,40	10,18	-353,49	47,79	11,76	-159,52
Ano 18	27,37	6,20	-211,10	22,87	5,18	-543,71	29,13	6,60	-512,67	43,40	9,83	-258,94	42,23	9,56	-343,93	48,75	11,04	-148,48
Ano 19	27,92	5,82	-205,27	23,33	4,87	-538,85	29,71	6,20	-506,47	44,27	9,23	-249,71	43,07	8,98	-334,95	49,72	10,37	-138,11
Ano 20	28,47	5,47	-199,81	23,80	4,57	-534,28	30,30	5,82	-500,65	45,16	8,67	-241,03	43,93	8,44	-326,51	50,72	9,74	-128,37
Ano 21	29,04	5,14	-194,67	24,27	4,29	-529,99	30,91	5,47	-495,19	46,06	8,15	-232,89	44,81	7,92	-318,58	51,73	9,15	-119,22
Ano 22	29,62	4,82	-189,85	24,76	4,03	-525,95	31,53	5,13	-490,05	46,98	7,65	-225,24	45,71	7,44	-311,14	52,77	8,59	-110,63
Ano 23	30,22	4,53	-185,32	25,25	3,79	-522,17	32,16	4,82	-485,23	47,92	7,19	-218,05	46,62	6,99	-304,15	53,82	8,07	-102,56
Ano 24	30,82	4,26	-181,06	25,76	3,56	-518,61	32,80	4,53	-480,70	48,88	6,75	-211,31	47,56	6,57	-297,58	54,90	7,58	-94,98
Ano 25	31,44	4,00	-177,06	26,27	3,34	-515,27	33,46	4,25	-476,45	49,86	6,34	-204,97	48,51	6,17	-291,42	55,99	7,12	-87,86
Ano 26	32,07	3,75	-173,31	26,80	3,14	-512,13	34,12	3,99	-472,45	50,85	5,95	-199,01	49,48	5,79	-285,62	57,11	6,69	-81,18
Ano 27	32,71	3,53	-169,78	27,34	2,95	-509,19	34,81	3,75	-468,70	51,87	5,59	-193,42	50,47	5,44	-280,18	58,26	6,28	-74,90
Ano 28	33,36	3,31	-166,47	27,88	2,77	-506,42	35,50	3,52	-465,18	52,91	5,25	-188,17	51,48	5,11	-275,08	59,42	5,90	-69,00
Ano 29	34,03	3,11	-163,36	28,44	2,60	-503,82	36,21	3,31	-461,87	53,97	4,93	-183,24	52,51	4,80	-270,28	60,61	5,54	-63,46
Ano 30	34,71	2,92	-160,44	29,01	2,44	-501,38	36,94	3,11	-458,76	55,05	4,63	-178,61	53,56	4,51	-265,77	61,82	5,20	-58,26
Ano 31	35,40	2,74	-157,70	29,59	2,29	-499,09	37,68	2,92	-455,84	56,15	4,35	-174,26	54,63	4,23	-261,54	63,06	4,89	-53,37
Ano 32	36,11	2,58	-155,12	30,18	2,15	-496,93	38,43	2,74	-453,10	57,27	4,09	-170,17	55,72	3,98	-257,56	64,32	4,59	-48,78
Ano 33	36,83	2,42	-152,70	30,78	2,02	-494,91	39,20	2,58	-450,52	58,41	3,84	-166,33	56,83	3,73	-253,83	65,61	4,31	-44,47
Ano 34	37,57	2,27	-150,43	31,40	1,90	-493,01	39,98	2,42	-448,10	59,58	3,61	-162,73	57,97	3,51	-250,32	66,92	4,05	-40,42
Ano 35	38,32	2,14	-148,29	32,03	1,78	-491,22	40,78	2,27	-445,83	60,77	3,39	-159,34	59,13	3,29	-247,02	68,26	3,80	-36,62
Ano 36	39,09	2,01	-146,29	32,67	1,68	-489,55	41,60	2,13	-443,70	61,99	3,18	-156,16	60,31	3,09	-243,93	69,62	3,57	-33,04
Ano 37	39,87	1,88	-144,40	33,32	1,57	-487,97	42,43	2,00	-441,69	63,23	2,99	-153,17	61,52	2,91	-241,02	71,02	3,35	-29,69
Ano 38	40,67	1,77	-142,63	33,99	1,48	-486,50	43,28	1,88	-439,81	64,49	2,81	-150,37	62,75	2,73	-238,29	72,44	3,15	-26,54
Ano 39	41,48	1,66	-140,97	34,67	1,39	-485,11	44,14	1,77	-438,04	65,78	2,63	-147,73	64,00	2,56	-235,73	73,88	2,96	-23,58
Ano 40	42,31	1,56	-139,41	35,36	1,30	-483,80	45,03	1,66	-436,38	67,10	2,47	-145,26	65,28	2,41	-233,32	75,36	2,78	-20,80
Ano 41	43,16	1,47	-137,95	36,07	1,22	-482,58	45,93	1,56	-434,82	68,44	2,32	-142,93	66,59	2,26	-231,06	76,87	2,61	-18,19
Ano 42	44,02	1,38	-136,57	36,79	1,15	-481,43	46,85	1,46	-433,36	69,81	2,18	-140,75	67,92	2,12	-228,94	78,41	2,45	-15,74
Ano 43	44,90	1,29	-135,28	37,53	1,08	-480,35	47,78	1,38	-431,98	71,21	2,05	-138,70	69,28	1,99	-226,94	79,97	2,30	-13,43
Ano 44	45,80	1,21	-134,06	38,28	1,01	-479,33	48,74	1,29	-430,69	72,63	1,93	-136,77	70,67	1,87	-225,07	81,57	2,16	-11,27
Ano 45	46,71	1,14	-132,92	39,04	0,95	-478,38	49,71	1,21	-429,47	74,08	1,81	-134,96	72,08	1,76	-223,31	83,21	2,03	-9,24
Ano 46	47,65	1,07	-131,85	39,82	0,90	-477,48	50,71	1,14	-428,33	75,57	1,70	-133,27	73,52	1,65	-221,66	84,87	1,91	-7,33
Ano 47	48,60	1,01	-130,85	40,62	0,84	-476,64	51,72	1,07	-427,26	77,08	1,60	-131,67	74,99	1,55	-220,10	86,57	1,79	-5,54
Ano 48	49,57	0,94	-129,90	41,43	0,79	-475,85	52,76	1,01	-426,26	78,62	1,50	-130,17	76,49	1,46	-218,65	88,30	1,68	-3,86
Ano 49	50,57	0,89	-129,01	42,26	0,74	-475,11	53,81	0,94	-425,31	80,19	1,41	-128,76	78,02	1,37	-217,28	90,06	1,58	-2,28
Ano 50	51,58	0,83	-128,18	43,11	0,70	-474,42	54,89	0,89	-424,43	81,79	1,32	-127,44	79,58	1,29	-215,99	91,87	1,48	-0,79
	Val =	-128,18	€	Val =	-474,42	€	Val =	-424,43	€	Val =	-127,44	€	Val =	-215,99	€	Val =	-0,79	€

(continuação)

Ano	Solução 7			Solução 8			Solução 9			Solução 10			Solução 11			Solução 12		
	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pav
Ano 0	-614,35	-	-	-543,83	-	-	-584,84	-	-	-995,30	-	-	-719,63	-	-	-919,78	-	-
Ano 1	38,92	35,84	-578,52	34,33	31,61	-512,22	45,02	41,45	-543,39	55,84	51,42	-943,88	56,81	52,32	-667,32	64,25	59,16	-860,62
Ano 2	39,31	33,33	-545,19	34,68	29,40	-482,81	45,47	38,55	-504,84	56,40	47,82	-896,05	57,38	48,65	-618,66	64,89	55,02	-805,60
Ano 3	39,90	31,15	-514,04	35,20	27,48	-455,33	46,15	36,03	-468,81	57,25	44,70	-851,36	58,24	45,47	-573,19	65,86	51,42	-754,18
Ano 4	40,49	29,11	-484,93	35,73	25,68	-429,65	46,84	33,67	-435,13	58,11	41,77	-809,58	59,12	42,50	-530,69	66,85	48,06	-706,12
Ano 5	41,22	27,29	-457,64	36,37	24,08	-405,57	47,68	31,57	-403,57	59,15	39,16	-770,43	60,18	39,84	-490,85	68,06	45,05	-661,07
Ano 6	42,05	25,63	-432,01	37,10	22,61	-382,96	48,64	29,65	-373,92	60,33	36,78	-733,65	61,38	37,42	-453,43	69,42	42,31	-618,75
Ano 7	42,89	24,07	-407,94	37,84	21,24	-361,72	49,61	27,85	-346,07	61,54	34,54	-699,11	62,61	35,14	-418,29	70,81	39,74	-579,01
Ano 8	43,75	22,61	-385,33	38,59	19,95	-341,78	50,60	26,15	-319,92	62,77	32,44	-666,66	63,86	33,01	-385,28	72,22	37,33	-541,68
Ano 9	44,62	21,24	-364,09	39,37	18,74	-323,04	51,61	24,56	-295,36	64,03	30,47	-636,19	65,14	31,00	-354,28	73,67	35,06	-506,62
Ano 10	45,51	19,95	-344,14	40,15	17,60	-305,45	52,65	23,07	-272,28	65,31	28,62	-607,57	66,44	29,12	-325,16	75,14	32,93	-473,70
Ano 11	46,42	18,73	-325,41	40,96	16,53	-288,92	53,70	21,67	-250,61	66,61	26,88	-580,69	67,77	27,35	-297,81	76,64	30,93	-442,77
Ano 12	47,35	17,59	-307,81	41,78	15,52	-273,40	54,77	20,35	-230,26	67,95	25,25	-555,44	69,13	25,69	-272,13	78,17	29,05	-413,72
Ano 13	48,30	16,53	-291,29	42,61	14,58	-258,82	55,87	19,12	-211,15	69,31	23,71	-531,73	70,51	24,13	-248,00	79,74	27,28	-386,44
Ano 14	49,27	15,52	-275,77	43,46	13,69	-245,12	56,99	17,95	-193,19	70,69	22,27	-509,46	71,92	22,66	-225,34	81,33	25,62	-360,82
Ano 15	50,25	14,58	-261,19	44,33	12,86	-232,26	58,13	16,86	-176,33	72,11	20,92	-488,54	73,36	21,28	-204,06	82,96	24,07	-336,75
Ano 16	51,26	13,69	-247,50	45,22	12,08	-220,18	59,29	15,84	-160,49	73,55	19,65	-468,89	74,83	19,99	-184,07	84,62	22,60	-314,14
Ano 17	52,28	12,86	-234,64	46,12	11,35	-208,84	60,47	14,88	-145,62	75,02	18,45	-450,44	76,32	18,77	-165,30	86,31	21,23	-292,91
Ano 18	53,33	12,08	-222,56	47,05	10,66	-198,18	61,68	13,97	-131,65	76,52	17,33	-433,11	77,85	17,63	-147,66	88,04	19,94	-272,97
Ano 19	54,39	11,34	-211,21	47,99	10,01	-188,17	62,92	13,12	-118,52	78,05	16,28	-416,83	79,41	16,56	-131,10	89,80	18,73	-254,25
Ano 20	55,48	10,65	-200,56	48,95	9,40	-178,77	64,18	12,32	-106,20	79,61	15,29	-401,54	81,00	15,55	-115,55	91,59	17,59	-236,66
Ano 21	56,59	10,01	-190,55	49,93	8,83	-169,94	65,46	11,58	-94,62	81,20	14,36	-387,18	82,62	14,61	-100,94	93,43	16,52	-220,13
Ano 22	57,72	9,40	-181,15	50,92	8,29	-161,65	66,77	10,87	-83,75	82,83	13,49	-373,69	84,27	13,72	-87,22	95,29	15,52	-204,62
Ano 23	58,88	8,83	-172,33	51,94	7,79	-153,86	68,10	10,21	-73,54	84,48	12,67	-361,03	85,95	12,89	-74,33	97,20	14,57	-190,04
Ano 24	60,05	8,29	-164,03	52,98	7,31	-146,55	69,47	9,59	-63,95	86,17	11,90	-349,13	87,67	12,10	-62,22	99,14	13,69	-176,35
Ano 25	61,26	7,79	-156,25	54,04	6,87	-139,68	70,86	9,01	-54,94	87,90	11,17	-337,95	89,43	11,37	-50,86	101,13	12,86	-163,50
Ano 26	62,48	7,31	-148,93	55,12	6,45	-133,23	72,27	8,46	-46,48	89,65	10,50	-327,46	91,21	10,68	-40,18	103,15	12,08	-151,42
Ano 27	63,73	6,87	-142,06	56,22	6,06	-127,17	73,72	7,95	-38,53	91,45	9,86	-317,60	93,04	10,03	-30,15	105,21	11,34	-140,08
Ano 28	65,01	6,45	-135,61	57,35	5,69	-121,47	75,19	7,46	-31,07	93,28	9,26	-308,34	94,90	9,42	-20,73	107,32	10,65	-129,43
Ano 29	66,31	6,06	-129,55	58,50	5,35	-116,13	76,70	7,01	-24,06	95,14	8,70	-299,65	96,80	8,85	-11,88	109,46	10,00	-119,43
Ano 30	67,63	5,69	-123,86	59,67	5,02	-111,11	78,23	6,58	-17,48	97,04	8,17	-291,48	98,73	8,31	-3,57	111,65	9,40	-110,03
Ano 31	68,98	5,35	-118,51	60,86	4,72	-106,39	79,80	6,18	-11,29	98,99	7,67	-283,81	100,71	7,80	4,23	113,89	8,83	-101,20
Ano 32	70,36	5,02	-113,49	62,08	4,43	-101,96	81,39	5,81	-5,48	100,97	7,20	-276,60	102,72	7,33	11,56	116,16	8,29	-92,91
Ano 33	71,77	4,72	-108,77	63,32	4,16	-97,80	83,02	5,45	-0,03	102,98	6,77	-269,84	104,78	6,88	18,45	118,49	7,79	-85,13
Ano 34	73,21	4,43	-104,35	64,58	3,91	-93,89	84,68	5,12	5,09	105,04	6,36	-263,48	106,87	6,47	24,91	120,86	7,31	-77,82
Ano 35	74,67	4,16	-100,19	65,88	3,67	-90,22	86,37	4,81	9,91	107,15	5,97	-257,51	109,01	6,07	30,99	123,27	6,87	-70,95
Ano 36	76,16	3,91	-96,28	67,19	3,45	-86,77	88,10	4,52	14,43	109,29	5,61	-251,91	111,19	5,70	36,69	125,74	6,45	-64,50
Ano 37	77,69	3,67	-92,61	68,54	3,24	-83,54	89,86	4,24	18,67	111,47	5,27	-246,64	113,41	5,36	42,05	128,25	6,06	-58,44
Ano 38	79,24	3,45	-89,16	69,91	3,04	-80,50	91,66	3,99	22,66	113,70	4,95	-241,69	115,68	5,03	47,08	130,82	5,69	-52,75
Ano 39	80,83	3,24	-85,92	71,31	2,86	-77,64	93,49	3,74	26,40	115,98	4,65	-237,05	118,00	4,73	51,81	133,43	5,34	-47,40
Ano 40	82,44	3,04	-82,88	72,73	2,68	-74,96	95,36	3,52	29,92	118,30	4,36	-232,69	120,35	4,44	56,24	136,10	5,02	-42,38
Ano 41	84,09	2,86	-80,03	74,19	2,52	-72,44	97,27	3,30	33,22	120,66	4,10	-228,59	122,76	4,17	60,41	138,83	4,71	-37,67
Ano 42	85,77	2,68	-77,35	75,67	2,37	-70,07	99,22	3,10	36,33	123,08	3,85	-224,74	125,22	3,92	64,33	141,60	4,43	-33,24
Ano 43	87,49	2,52	-74,83	77,18	2,22	-67,85	101,20	2,91	39,24	125,54	3,61	-221,12	127,72	3,68	68,01	144,43	4,16	-29,08
Ano 44	89,24	2,37	-72,46	78,73	2,09	-65,76	103,22	2,74	41,98	128,05	3,40	-217,73	130,28	3,45	71,46	147,32	3,91	-25,18
Ano 45	91,02	2,22	-70,24	80,30	1,96	-63,80	105,29	2,57	44,55	130,61	3,19	-214,54	132,88	3,24	74,71	150,27	3,67	-21,51
Ano 46	92,84	2,09	-68,15	81,91	1,84	-61,96	107,39	2,41	46,96	133,22	3,00	-211,55	135,54	3,05	77,75	153,27	3,45	-18,06
Ano 47	94,70	1,96	-66,19	83,55	1,73	-60,23	109,54	2,27	49,23	135,89	2,81	-208,73	138,25	2,86	80,61	156,34	3,24	-14,83
Ano 48	96,59	1,84	-64,35	85,22	1,62	-58,61	111,73	2,13	51,36	138,60	2,64	-206,09	141,01	2,69	83,30	159,47	3,04	-11,79
Ano 49	98,53	1,73	-62,62	86,92	1,53	-57,08	113,97	2,00	53,36	141,38	2,48	-203,61	143,84	2,52	85,83	162,66	2,86	-8,93
Ano 50	100,50	1,62	-61,00	88,66	1,43	-55,65	116,25	1,88	55,24	144,20	2,33	-201,28	146,71	2,37	88,20	165,91	2,68	-6,25

Val = -61,00 € Val = -55,65 € Val = 55,24 € Val = -201,28 € Val = 88,20 € Val = -6,25 €

- Pala horizontal e vertical fixa (menos eficiente)

Ano	Solução 1			Solução 2			Solução 3			Solução 4			Solução 5			Solução 6		
	Custo Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav
Ano 0	-412,17	-	-	-711,77	-	-	-726,65	-	-	-577,82	-	-	-654,18	-	-	-506,62	-	-
Ano 1	18,03	16,60	-395,57	14,62	13,46	-698,31	19,37	17,83	-708,82	30,27	27,87	-549,95	29,36	27,03	-627,15	34,35	31,63	-475,00
Ano 2	18,21	15,44	-380,13	14,76	12,52	-685,79	19,56	16,59	-692,23	30,57	25,92	-524,03	29,65	25,14	-602,01	34,69	29,41	-445,58
Ano 3	18,48	14,43	-365,69	14,98	11,70	-674,09	19,85	15,50	-676,73	31,03	24,23	-499,80	30,10	23,50	-578,51	35,21	27,49	-418,09
Ano 4	18,76	13,49	-352,21	15,21	10,93	-663,16	20,15	14,49	-662,24	31,50	22,64	-477,16	30,55	21,96	-556,55	35,74	25,69	-392,40
Ano 5	19,10	12,64	-339,56	15,48	10,25	-652,91	20,52	13,58	-648,66	32,06	21,23	-455,93	31,10	20,59	-535,97	36,38	24,09	-368,31
Ano 6	19,48	11,88	-327,69	15,79	9,63	-643,29	20,93	12,76	-635,90	32,70	19,94	-436,00	31,72	19,33	-516,63	37,11	22,62	-345,69
Ano 7	19,87	11,15	-316,53	16,11	9,04	-634,25	21,34	11,98	-623,92	33,36	18,72	-417,28	32,35	18,16	-498,47	37,85	21,25	-324,44
Ano 8	20,27	10,48	-306,06	16,43	8,49	-625,75	21,77	11,25	-612,67	34,03	17,59	-399,69	33,00	17,06	-481,41	38,61	19,96	-304,49
Ano 9	20,67	9,84	-296,22	16,76	7,98	-617,78	22,21	10,57	-602,10	34,71	16,52	-383,17	33,66	16,02	-465,40	39,38	18,74	-285,75
Ano 10	21,09	9,24	-286,98	17,09	7,49	-610,29	22,65	9,93	-592,18	35,40	15,51	-367,66	34,33	15,05	-450,35	40,17	17,60	-268,14
Ano 11	21,51	8,68	-278,30	17,43	7,04	-603,25	23,10	9,32	-582,85	36,11	14,57	-353,09	35,02	14,13	-436,22	40,97	16,53	-251,61
Ano 12	21,94	8,15	-270,14	17,78	6,61	-596,65	23,57	8,76	-574,10	36,83	13,69	-339,40	35,72	13,27	-422,95	41,79	15,53	-236,08
Ano 13	22,38	7,66	-262,49	18,14	6,21	-590,44	24,04	8,22	-565,87	37,57	12,85	-326,55	36,43	12,47	-410,48	42,63	14,59	-221,50
Ano 14	22,83	7,19	-255,30	18,50	5,83	-584,61	24,52	7,72	-558,15	38,32	12,07	-314,48	37,16	11,71	-398,77	43,48	13,70	-207,80
Ano 15	23,28	6,75	-248,54	18,87	5,47	-579,14	25,01	7,25	-550,89	39,08	11,34	-303,14	37,91	11,00	-387,77	44,35	12,87	-194,93
Ano 16	23,75	6,34	-242,20	19,25	5,14	-573,99	25,51	6,81	-544,08	39,87	10,65	-292,49	38,66	10,33	-377,45	45,24	12,08	-182,85
Ano 17	24,22	5,96	-236,24	19,63	4,83	-569,16	26,02	6,40	-537,68	40,66	10,00	-282,49	39,44	9,70	-367,74	46,14	11,35	-171,50
Ano 18	24,71	5,60	-230,64	20,03	4,54	-564,63	26,54	6,01	-531,67	41,48	9,39	-273,09	40,23	9,11	-358,63	47,07	10,66	-160,84
Ano 19	25,20	5,26	-225,39	20,43	4,26	-560,37	27,07	5,65	-526,02	42,31	8,82	-264,27	41,03	8,56	-350,08	48,01	10,01	-150,82
Ano 20	25,71	4,94	-220,45	20,84	4,00	-556,37	27,61	5,30	-520,72	43,15	8,29	-255,98	41,85	8,04	-342,04	48,97	9,40	-141,42
Ano 21	26,22	4,64	-215,81	21,25	3,76	-552,61	28,16	4,98	-515,74	44,02	7,78	-248,20	42,69	7,55	-334,49	49,95	8,83	-132,59
Ano 22	26,74	4,35	-211,46	21,68	3,53	-549,08	28,73	4,68	-511,06	44,90	7,31	-240,89	43,54	7,09	-327,40	50,94	8,30	-124,29
Ano 23	27,28	4,09	-207,37	22,11	3,32	-545,76	29,30	4,39	-506,67	45,79	6,87	-234,02	44,41	6,66	-320,74	51,96	7,79	-116,50
Ano 24	27,82	3,84	-203,53	22,55	3,11	-542,65	29,89	4,13	-502,54	46,71	6,45	-227,57	45,30	6,25	-314,49	53,00	7,32	-109,18
Ano 25	28,38	3,61	-199,92	23,00	2,92	-539,72	30,48	3,88	-498,67	47,64	6,06	-221,52	46,21	5,87	-308,61	54,06	6,87	-102,31
Ano 26	28,95	3,39	-196,53	23,46	2,75	-536,98	31,09	3,64	-495,03	48,60	5,69	-215,83	47,13	5,52	-303,09	55,14	6,46	-95,85
Ano 27	29,53	3,18	-193,35	23,93	2,58	-534,40	31,72	3,42	-491,61	49,57	5,34	-210,48	48,07	5,18	-297,91	56,25	6,06	-89,79
Ano 28	30,12	2,99	-190,36	24,41	2,42	-531,97	32,35	3,21	-488,40	50,56	5,02	-205,47	49,04	4,87	-293,04	57,37	5,69	-84,10
Ano 29	30,72	2,81	-187,55	24,90	2,28	-529,70	33,00	3,02	-485,38	51,57	4,71	-200,75	50,02	4,57	-288,47	58,52	5,35	-78,75
Ano 30	31,34	2,64	-184,91	25,40	2,14	-527,56	33,66	2,83	-482,55	52,60	4,43	-196,33	51,02	4,29	-284,18	59,69	5,02	-73,72
Ano 31	31,96	2,48	-182,44	25,91	2,01	-525,55	34,33	2,66	-479,89	53,65	4,16	-192,17	52,04	4,03	-280,15	60,88	4,72	-69,01
Ano 32	32,60	2,33	-180,11	26,43	1,89	-523,67	35,02	2,50	-477,39	54,73	3,91	-188,26	53,08	3,79	-276,36	62,10	4,43	-64,57
Ano 33	33,25	2,18	-177,92	26,95	1,77	-521,90	35,72	2,35	-475,04	55,82	3,67	-184,59	54,14	3,56	-272,80	63,34	4,16	-60,41
Ano 34	33,92	2,05	-175,87	27,49	1,66	-520,23	36,43	2,20	-472,84	56,94	3,45	-181,15	55,22	3,34	-269,46	64,61	3,91	-56,50
Ano 35	34,60	1,93	-173,94	28,04	1,56	-518,67	37,16	2,07	-470,77	58,08	3,24	-177,91	56,33	3,14	-266,32	65,90	3,67	-52,83
Ano 36	35,29	1,81	-172,13	28,60	1,47	-517,20	37,90	1,94	-468,82	59,24	3,04	-174,87	57,45	2,95	-263,37	67,22	3,45	-49,38
Ano 37	35,99	1,70	-170,43	29,18	1,38	-515,82	38,66	1,83	-467,00	60,42	2,85	-172,02	58,60	2,77	-260,61	68,57	3,24	-46,14
Ano 38	36,71	1,60	-168,84	29,76	1,29	-514,53	39,44	1,72	-465,28	61,63	2,68	-169,34	59,78	2,60	-258,01	69,94	3,04	-43,10
Ano 39	37,45	1,50	-167,34	30,35	1,22	-513,31	40,22	1,61	-463,67	62,86	2,52	-166,82	60,97	2,44	-255,56	71,34	2,86	-40,24
Ano 40	38,20	1,41	-165,93	30,96	1,14	-512,17	41,03	1,51	-462,16	64,12	2,36	-164,46	62,19	2,29	-253,27	72,76	2,68	-37,56
Ano 41	38,96	1,32	-164,61	31,58	1,07	-511,10	41,85	1,42	-460,74	65,40	2,22	-162,24	63,43	2,15	-251,12	74,22	2,52	-35,04
Ano 42	39,74	1,24	-163,36	32,21	1,01	-510,09	42,69	1,33	-459,40	66,71	2,09	-160,15	64,70	2,02	-249,09	75,70	2,37	-32,67
Ano 43	40,54	1,17	-162,20	32,86	0,95	-509,15	43,54	1,25	-458,15	68,05	1,96	-158,19	66,00	1,90	-247,19	77,22	2,22	-30,45
Ano 44	41,35	1,10	-161,10	33,51	0,89	-508,26	44,41	1,18	-456,97	69,41	1,84	-156,35	67,32	1,78	-245,41	78,76	2,09	-28,36
Ano 45	42,17	1,03	-160,07	34,18	0,83	-507,42	45,30	1,11	-455,86	70,80	1,73	-154,62	68,66	1,68	-243,73	80,33	1,96	-26,40
Ano 46	43,02	0,97	-159,10	34,87	0,78	-506,64	46,20	1,04	-454,83	72,21	1,62	-153,00	70,04	1,57	-242,16	81,94	1,84	-24,56
Ano 47	43,88	0,91	-158,19	35,56	0,74	-505,90	47,13	0,98	-453,85	73,66	1,52	-151,47	71,44	1,48	-240,68	83,58	1,73	-22,83
Ano 48	44,75	0,85	-157,34	36,28	0,69	-505,21	48,07	0,92	-452,93	75,13	1,43	-150,04	72,87	1,39	-239,29	85,25	1,63	-21,20
Ano 49	45,65	0,80	-156,54	37,00	0,65	-504,56	49,03	0,86	-452,07	76,63	1,35	-148,70	74,32	1,30	-237,98	86,96	1,53	-19,68
Ano 50	46,56	0,75	-155,79	37,74	0,61	-503,95	50,01	0,81	-451,26	78,16	1,26	-147,43	75,81	1,23	-236,76	88,70	1,43	-18,24
Val =	-155,79	€		-503,95	€		-451,26	€		-147,43	€		-236,76	€		-18,24	€	

(continuação)

Ano	Solução 7			Solução 8			Solução 9			Solução 10			Solução 11			Solução 12		
	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-nav	Custo de Exploração	actualização/desconto	Retorno investimento-pay back
Ano 0	-614,35	-	-	-543,83	-	-	-584,84	-	-	-995,30	-	-	-719,63	-	-	-919,78	-	-
Ano 1	37,87	34,87	-579,49	32,62	30,03	-513,80	43,63	40,18	-544,66	54,96	50,61	-944,69	55,98	51,55	-668,08	63,81	58,76	-861,03
Ano 2	38,25	32,43	-547,06	32,94	27,93	-485,87	44,07	37,37	-507,30	55,51	47,07	-897,62	56,54	47,94	-620,14	64,45	54,64	-806,38
Ano 3	38,82	30,31	-516,75	33,44	26,10	-459,76	44,73	34,92	-472,38	56,35	43,99	-853,62	57,39	44,81	-575,33	65,41	51,07	-755,31
Ano 4	39,40	28,33	-488,42	33,94	24,40	-435,36	45,40	32,64	-439,74	57,19	41,12	-812,51	58,25	41,88	-533,45	66,40	47,73	-707,58
Ano 5	40,11	26,55	-461,87	34,55	22,87	-412,49	46,22	30,60	-409,14	58,22	38,54	-773,97	59,30	39,26	-494,20	67,59	44,74	-662,84
Ano 6	40,91	24,94	-436,93	35,24	21,48	-391,01	47,14	28,74	-380,40	59,38	36,20	-737,77	60,49	36,87	-457,33	68,94	42,02	-620,81
Ano 7	41,73	23,42	-413,51	35,94	20,18	-370,84	48,09	26,99	-353,41	60,57	34,00	-703,77	61,70	34,63	-422,70	70,32	39,47	-581,34
Ano 8	42,57	22,00	-391,51	36,66	18,95	-351,89	49,05	25,35	-328,06	61,78	31,93	-671,84	62,93	32,53	-390,17	71,73	37,07	-544,27
Ano 9	43,42	20,66	-370,85	37,40	17,80	-334,09	50,03	23,81	-304,25	63,02	29,99	-641,85	64,19	30,55	-359,62	73,16	34,82	-509,45
Ano 10	44,29	19,41	-351,44	38,14	16,72	-317,38	51,03	22,36	-281,89	64,28	28,17	-613,68	65,47	28,69	-330,93	74,63	32,70	-476,75
Ano 11	45,17	18,23	-333,21	38,91	15,70	-301,68	52,05	21,00	-260,89	65,57	26,46	-587,22	66,78	26,95	-303,98	76,12	30,72	-446,03
Ano 12	46,07	17,12	-316,09	39,68	14,75	-286,93	53,09	19,73	-241,16	66,88	24,85	-562,37	68,12	25,31	-278,67	77,64	28,85	-417,18
Ano 13	47,00	16,08	-300,01	40,48	13,85	-273,08	54,15	18,53	-222,63	68,21	23,34	-539,03	69,48	23,77	-254,90	79,19	27,10	-390,09
Ano 14	47,94	15,10	-284,91	41,29	13,01	-260,07	55,24	17,40	-205,23	69,58	21,92	-517,11	70,87	22,33	-232,57	80,78	25,45	-364,64
Ano 15	48,89	14,18	-270,73	42,11	12,22	-247,86	56,34	16,34	-188,89	70,97	20,59	-496,52	72,29	20,97	-211,60	82,39	23,90	-340,73
Ano 16	49,87	13,32	-257,40	42,96	11,47	-236,38	57,47	15,35	-173,54	72,39	19,34	-477,18	73,73	19,70	-191,90	84,04	22,45	-318,29
Ano 17	50,87	12,51	-244,89	43,82	10,78	-225,60	58,62	14,42	-159,12	73,84	18,16	-459,02	75,21	18,50	-173,40	85,72	21,09	-297,20
Ano 18	51,89	11,75	-233,14	44,69	10,12	-215,48	59,79	13,54	-145,58	75,31	17,06	-441,96	76,71	17,37	-156,03	87,44	19,80	-277,40
Ano 19	52,92	11,04	-222,10	45,59	9,51	-205,97	60,98	12,72	-132,86	76,82	16,02	-425,94	78,25	16,32	-139,71	89,18	18,60	-258,80
Ano 20	53,98	10,37	-211,73	46,50	8,93	-197,04	62,20	11,95	-120,91	78,36	15,05	-410,89	79,81	15,33	-124,38	90,97	17,47	-241,33
Ano 21	55,06	9,74	-202,00	47,43	8,39	-188,66	63,45	11,22	-109,69	79,92	14,13	-396,76	81,41	14,40	-109,99	92,79	16,41	-224,92
Ano 22	56,16	9,15	-192,85	48,38	7,88	-180,78	64,72	10,54	-99,15	81,52	13,27	-383,48	83,04	13,52	-96,47	94,64	15,41	-209,51
Ano 23	57,29	8,59	-184,26	49,34	7,40	-173,38	66,01	9,90	-89,26	83,15	12,47	-371,02	84,70	12,70	-83,77	96,54	14,47	-195,03
Ano 24	58,43	8,07	-176,19	50,33	6,95	-166,43	67,33	9,30	-79,96	84,82	11,71	-359,31	86,39	11,93	-71,84	98,47	13,59	-181,44
Ano 25	59,60	7,58	-168,62	51,34	6,53	-159,91	68,68	8,73	-71,23	86,51	11,00	-348,31	88,12	11,20	-60,64	100,44	12,77	-168,67
Ano 26	60,79	7,12	-161,50	52,36	6,13	-153,78	70,05	8,20	-63,03	88,24	10,33	-337,98	89,88	10,52	-50,12	102,44	11,99	-156,68
Ano 27	62,01	6,68	-154,82	53,41	5,76	-148,02	71,45	7,70	-55,33	90,01	9,70	-328,27	91,68	9,88	-40,23	104,49	11,26	-145,41
Ano 28	63,25	6,28	-148,54	54,48	5,41	-142,61	72,88	7,23	-48,09	91,81	9,11	-319,16	93,51	9,28	-30,95	106,58	10,58	-134,83
Ano 29	64,52	5,90	-142,64	55,57	5,08	-137,53	74,34	6,79	-41,30	93,64	8,56	-310,60	95,38	8,72	-22,23	108,71	9,94	-124,90
Ano 30	65,81	5,54	-137,10	56,68	4,77	-132,76	75,83	6,38	-34,92	95,52	8,04	-302,56	97,29	8,19	-14,05	110,89	9,33	-115,56
Ano 31	67,12	5,20	-131,90	57,81	4,48	-128,28	77,34	5,99	-28,92	97,43	7,55	-295,01	99,23	7,69	-6,36	113,11	8,77	-106,80
Ano 32	68,46	4,89	-127,02	58,97	4,21	-124,07	78,89	5,63	-23,29	99,38	7,09	-287,92	101,22	7,22	0,87	115,37	8,23	-98,57
Ano 33	69,83	4,59	-122,43	60,15	3,95	-120,12	80,47	5,29	-18,01	101,36	6,66	-281,26	103,24	6,78	7,65	117,68	7,73	-90,83
Ano 34	71,23	4,31	-118,12	61,35	3,71	-116,41	82,08	4,97	-13,04	103,39	6,26	-275,01	105,31	6,37	14,02	120,03	7,26	-83,57
Ano 35	72,65	4,05	-114,07	62,58	3,49	-112,92	83,72	4,66	-8,38	105,46	5,88	-269,13	107,41	5,98	20,01	122,43	6,82	-76,75
Ano 36	74,11	3,80	-110,27	63,83	3,27	-109,65	85,39	4,38	-4,00	107,57	5,52	-263,61	109,56	5,62	25,63	124,88	6,41	-70,34
Ano 37	75,59	3,57	-106,70	65,11	3,08	-106,57	87,10	4,11	0,12	109,72	5,18	-258,43	111,75	5,28	30,91	127,38	6,02	-64,33
Ano 38	77,10	3,35	-103,34	66,41	2,89	-103,68	88,84	3,86	3,98	111,91	4,87	-253,56	113,99	4,96	35,87	129,92	5,65	-58,68
Ano 39	78,64	3,15	-100,19	67,74	2,71	-100,97	90,62	3,63	7,61	114,15	4,57	-248,99	116,27	4,66	40,52	132,52	5,31	-53,37
Ano 40	80,22	2,96	-97,23	69,09	2,55	-98,42	92,43	3,41	11,02	116,43	4,29	-244,70	118,59	4,37	44,90	135,17	4,99	-48,38
Ano 41	81,82	2,78	-94,46	70,47	2,39	-96,03	94,28	3,20	14,22	118,76	4,03	-240,66	120,97	4,11	49,00	137,88	4,68	-43,70
Ano 42	83,46	2,61	-91,85	71,88	2,25	-93,78	96,17	3,01	17,23	121,14	3,79	-236,88	123,39	3,86	52,86	140,63	4,40	-39,30
Ano 43	85,13	2,45	-89,39	73,32	2,11	-91,67	98,09	2,82	20,06	123,56	3,56	-233,32	125,85	3,62	56,49	143,45	4,13	-35,17
Ano 44	86,83	2,30	-87,09	74,79	1,98	-89,69	100,05	2,65	22,71	126,03	3,34	-229,98	128,37	3,40	59,89	146,32	3,88	-31,29
Ano 45	88,57	2,16	-84,93	76,28	1,86	-87,82	102,05	2,49	25,20	128,55	3,14	-226,84	130,94	3,20	63,09	149,24	3,64	-27,65
Ano 46	90,34	2,03	-82,90	77,81	1,75	-86,08	104,09	2,34	27,54	131,12	2,95	-223,89	133,56	3,00	66,09	152,23	3,42	-24,23
Ano 47	92,14	1,91	-80,99	79,37	1,64	-84,43	106,17	2,20	29,74	133,75	2,77	-221,12	136,23	2,82	68,91	155,27	3,21	-21,01
Ano 48	93,99	1,79	-79,20	80,95	1,54	-82,89	108,30	2,06	31,80	136,42	2,60	-218,52	138,95	2,65	71,56	158,38	3,02	-17,99
Ano 49	95,87	1,68	-77,52	82,57	1,45	-81,44	110,46	1,94	33,74	139,15	2,44	-216,08	141,73	2,49	74,05	161,54	2,84	-15,16
Ano 50	97,78	1,58	-75,94	84,22	1,36	-80,08	112,67	1,82	35,56	141,93	2,29	-213,78	144,57	2,34	76,38	164,78	2,66	-12,49
	Val =	-75,94	€	Val =	-80,08	€	Val =	35,56	€	Val =	-213,78	€	Val =	76,38	€	Val =	-12,49	€

Orçamentos

FDV020

Ud Portada de alumínio.

Caixilharia de alumínio, acabamento em **anodizado natural**, para enformado de portada **de abrir** de **duas folhas de lâminas fixas**, de **130x145** cm, **gama básica**, colocada **em janela**.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt25dcg010a	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de aro de janela em sistemas de portadas de abrir, gama básica, inclusive juntas de estanquidade da folha, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	5,500	3,98	21,89
mt25dcg060a	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de folha de janela em sistemas de portadas, gama básica, inclusive junta de estanquidade da folha, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	8,100	4,13	33,45
mt25dcg066a	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de complemento porta-lâminas em sistemas de portadas, gama básica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	1,980	1,56	3,09
mt25dcg070a	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de lâmina terminal em sistemas de portadas, gama básica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	1,980	3,08	6,10
mt25dcg090a	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de lâmina fixa em sistemas de portadas, gama básica, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	34,650	2,26	78,31
mt25dcg100a	m	Perfil de alumínio anodizado natural, para formação de batente em sistemas de portadas de abrir, gama básica, inclusive junta de estanquidade da folha, com o certificado de qualidade EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,500	0,78	1,95
mt25pfx200eb	Ud	Kit composto por esquadros, tampas de condensação e saída de água, e ferragens de janela de abrir de abertura para o interior de duas folhas.	1,000	18,75	18,75
mt15sja100	Ud	Cartucho de pasta de silicone neutro.	0,193	3,13	0,60
mo017	h	Oficial de 1ª serralheiro.	1,763	17,12	30,18
mo055	h	Ajudante de serralheiro.	1,763	16,51	29,11
	%	Meios auxiliares	2,000	223,43	4,47
	%	Custos indirectos	3,000	227,90	6,84
				Total:	234,74

FDP010

m² Persiana de régua metálicas

Estore de lâminas de alumínio injectado de 44 mm.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt25per010b	m ²	Estore de lâminas de alumínio injectado de 44 mm de altura, equipado com todos os seus acessórios (eixo, roldana, fita e recolhedor), segundo EN 13659.	1,100	29,67	32,64
mo010	h	Oficial de 1ª montador.	0,212	17,41	3,69
mo076	h	Ajudante de montador.	0,212	16,45	3,49
	%	Meios auxiliares	2,000	39,82	0,80
	%	Custos indirectos	3,000	40,62	1,22
				Total:	41,84

FDV030

Ud Portada exterior de madeira.

Portada **provençal**, exterior, de madeira de **pinho melis** para **envernizar**, com **duas folhas de painel cego com almofadas**, de **130x145** cm, colocada **em janela**.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt22xcv030A	m ²	Portada provençal formada por painel cego com almofadas, de madeira de pinho melis para envernizar.	1,885	268,50	506,12
mt22xcv031b	Ud	Acessórios, ferragens de manobra e abertura, parafusos de aço inoxidável, elementos de estanquidade, acessórios e mecanismos homologados, para portadas de madeira de duas folhas de abrir.	1,000	14,40	14,40
mo016	h	Oficial de 1ª carpinteiro.	0,475	17,16	8,15
mo054	h	Ajudante de carpinteiro.	0,475	16,57	7,87
	%	Meios auxiliares	2,000	536,54	10,73
	%	Custos indirectos	3,000	547,27	16,42
				Total:	563,69

Pala horizontal fixa - laje em consola

Item	Descrição	Un	Preço custo com iva	Administração e lucros	Preço Venda
Pala horizontal fixa - laje em consola	Fornecimento e execução de lajes maciças em betão armado com 15cm de espessura em betão da classe C20/25, incluindo cofragem tradicional melhorada e armaduras em aço A500NR	m3	354,13 €	20,00%	424,95 €

Tipo	Descrição	Un	Preço	Qte	Total
Mão-de-obra	Pedreiro	hr	9,70 €	0,2024	1,96 €
	Servente	hr	7,94 €	0,4712	3,74 €
	Cofrageiro – Oficial	hr	9,70 €	4,2	40,74 €
	Cofrageiro – Ajudante	hr	7,94 €	1,8	14,29 €
	Armadores ferro – Oficial	hr	9,70 €	0,1795	1,74 €
	Armadores ferro – Ajudante	hr	7,94 €	0,0598	0,48 €
Sub total					62,94 €
Materiais	Betão C20/25	m3	90,00 €	1,1	99,00 €
	Madeira pinho – Sarrafo 4x4cm	ml	0,40 €	0,877	0,35 €
	Painel Tricapa 27mm	m2	14,85 €	0,747	11,09 €
	Vigas H20	ml	8,75 €	1,05	9,19 €
	Prumo metálico 2.20-4.00m	un	19,96 €	0,07	1,40 €
	Óleo descofrante	lt	4,27 €	0,7	2,99 €
	Pregos	kg	0,75 €	1,75	1,31 €
	Aço A500nr	kg	0,62 €	132,75	82,31 €
	Arame recozido de atar	kg	0,90 €	1,125	1,01 €
	Espaçadores de plástico	un	0,06 €	0,438	0,03 €
Sub total					208,67 €
Equipamentos	Autobomba de betão	hr	1,06 €	8,8	9,35 €
	Vibrador de agulha	hr	1,29 €	0,674	0,87 €
	Máq. de cortar e dobrar ferro	hr	1,29 €	1,915	2,47 €
	Serra corte circular Bosch GKS 85	hr	0,18 €	6	1,05 €
Sub total					18,27 €
Ferramentas	Pá de bico	hr	0,01 €	0,674	0,01 €
	Enxada larga	hr	0,01 €	0,674	0,01 €
	Tesoura corte ferro	hr	0,02 €	1,915	0,04 €
	Chave de armar ferro	hr	0,01 €	1,915	0,01 €
	Talocha lisa 300x150mm cabo plastico	hr	0,01 €	0,674	0,01 €
	Colher de pedreiro	hr	0,01 €	0,674	0,01 €
	Martelo carpinteiro	hr	0,02 €	6	0,09 €
	Serrote universal 450mm	hr	0,02 €	6	0,13 €
Sub total					0,39 €
Total					290,27 €

Pala vertical fixa - Bloco de betão 15cm e revestimento argamassa e cimento.

Item	Descrição	Un	Preço custo com iva	Administração e lucros	Preço Venda
Pala vertical fixa - Bloco de betão 15cm e revestimento argamassa e cimento.	Fornecimento e assentamento de alvenaria de bloco de betão, assente e revestido com argamassa de cimento e areia ao traço 1:5.	m2	17,48 €	20,00%	20,97 €
Tipo	Descrição	Un	Preço	Qte	Total
Mão-de-obra	Pedreiro	hr	9,70 €	0,6136	5,95 €
	Servente	hr	7,94 €	0,1536	1,22 €
Sub total					7,17 €
Materiais	Argamassa cimento + areia 1:5	m3	66,43 €	0,0158	1,05 €
	Bloco de betão 15cm	un	0,60 €	10,000	6,00 €
Sub total					7,05 €
Ferramentas	Régua de Alumínio 3000 x 10 x 2 cm	hr	0,04 €	0,614	0,02 €
	Grampo pedreiro nº1	hr	0,01 €	0,614	0,01 €
	Gamela Plástica 35 Lts	hr	0,03 €	0,614	0,02 €
	Esquadro pedreiro 800 x 400mm	hr	0,01 €	0,614	0,01 €
	Talocha lisa 300x150mm cabo plastico	hr	0,01 €	0,614	0,01 €
	Nível de bolha 800mm	hr	0,03 €	0,614	0,02 €
	Baldes pretos de 10lt	hr	0,01 €	0,614	0,01 €
	Ponteiro e cinzel	hr	0,02 €	0,614	0,01 €
	Maçeta	hr	0,01 €	0,614	0,01 €
	Colher de pedreiro	hr	0,01 €	0,614	0,01 €
Total					14,33 €

tem	Descrição	Un	Preço	Adminis tração e lucros	Preço
			custo com iva		Venda
Toldo - Pala horizontal móvel	Montagem e desmontagem de andaime de fachada até 3m de altura, escadas de acesso, guarda corpos e rodapés e montagem e fornecimento do toldo.	m2	30,94 €	20,00%	37,13 €
Ficha de rendimento					
Tipo	Descrição	Un	Preço	Qte	Total
Mão-de- obra	Montador de andaime e toldo – Oficial	hr	9,70 €	0,2848	2,76 €
	Montador de andaime e toldo – Ajudante	hr	7,94 €	0,0712	0,57 €
Sub total					3,33 €
Materiais	Toldo	m2	21,86 €	1	21,86 €
Sub total					21,86 €
Equipam	Andaime	hr	0,22 €	0,355	0,08 €
Sub total					0,08 €
Ferrame ntas	Chave de lunetas	hr	0,01 €	0,356	0,00 €
	Berbequim	hr	0,29 €	0,320	0,092 €
Sub total					0,09 €

Anexo IV – Folhas de cálculo
(Aplicado à melhor viabilidade económica)

Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes exteriores		Area (m ²)	U (w/m ² °C)	U.A (w/°C)
Norte	Alvenaria exterior	7,55	0,68	5,13
Sul	Alvenaria exterior	14,97	0,68	10,17
Este	Alvenaria exterior	17,96	0,68	12,20
Oeste	Alvenaria exterior	23,87	0,68	16,22
Norte	Pilar e Viga - Ponte Térmica plana exterior	0,56	0,92	0,52
Sul	Pilar e Viga - Ponte Térmica plana exterior	1,92	0,92	1,77
Este	Pilar e Viga - Ponte Térmica plana exterior	3,05	0,92	2,82
Oeste	Pilar e Viga - Ponte Térmica plana exterior	2,33	0,92	2,15
Oeste	Parede exterior inst. sanitária	3,06	0,69	2,13
Oeste	Pilar e Viga - Ponte Térmica plana exterior inst. sanitária	1,04	0,95	0,99
Este	Porta da entrada principal (1,25*2,10)	2,63	2,91	7,65
Total =				61,74
<hr/>				
Pavimentos exteriores		Area (m ²)	U (w/m ² °C)	U.A (w/°C)
Total =				0,00
<hr/>				
Coberturas exteriores		Area (m ²)	U (w/m ² °C)	U.A (w/°C)
Total =				0,00
<hr/>				
Paredes e Pavimentos em contacto com o Solo		Perimetr B(m)	ψ (w/m°C)	ψ.B (w/°C)
Pavimentos em contato com o solo		33,70	1,80	60,66
Total =				60,66
<hr/>				
Pontes Térmicas Lineares		Comp (m)	ψ (w/m°C)	ψ.B (w/°C)
Ligações entre:				
Fachada com os Pavimentos térreos		33,70	0,30	10,11
Fachada com Pavimentos em contato com espaços não aquecidos ou exteriores				
Fachada com os Pavimentos intermédios				
Fachada com cobertura inclinada ou Terraço		33,70	0,39	13,14
Fachada com Varanda				
Duas Paredes verticais		8,10	0,15	1,22
Fachada com Caixa de estore				
Fachada com Padieira, Ombreira ou Peitoril				
Outras		5,40	0,075	0,41
Total =				24,87
Perdas pela envolvente exterior da Fracção Autónoma		(W/°C)		Total = 147,28

Folha de cálculo FC IV.1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

FATOR DE FORMA

<u>Das FC IV.1a e 1c: (Áreas)</u>	m ²
Paredes Exteriores	78,94
Coberturas Exteriores	0,00
Pavimentos Exteriores	0,00
Envidraçados Exteriores	12,08
<u>Da FC IV.1b: (Áreas equivalente A. τ)</u>	
Paredes Interiores	12,96
Coberturas Interiores	84,50
Pavimentos Interiores	0,00
Envidraçados Interiores	0,00
Área Total:	188,48
Volume (da FC IV.1d):	/ 228,15
FF	= 0,83

Graus-Dia no Local (°C.dia)

146

Ni = 25 + 0,025.GD	para FF ≤ 0,5
Ni = 25 + (0,015 + 0,02.FF).GD	para 0,5 < FF ≤ 1
Ni = [25 + (0,015 + 0,02.FF).GD].(1,2-0,2.FF)	para 1 < FF ≤ 1,5
Ni = 22,5 + 0,0405.GD	para FF > 1,5

Nec. Nom. De Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)

29,60

Folha de cálculo FC IV.2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (da FC IV.1a)	147,28
Envolvente Interior (da FC IV.1b)	107,96
Vãos Envidraçados (da FC IV.1c)	58,07
Renovação de Ar (da FC IV.1d)	73,69
	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	387,00
	X
Graus - Dia no Local (°C.dia)	146
	X
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	1356,04
	+
Consumo de energia dos ventiladores (EV) (kWh/ano) (Ev=Pv.24.0,03.M)	0
Total =	1356,04
	-
Ganhos Totais Úteis (kw/ano) (da FC IV.1e)	102,87
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	1253,18
	/
Área Útil de pavimento (m ²)	84,50
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	14,83
	<
Nec. Nom. De Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	29,60

Folha de cálculo FC V.1c

Ganhos solares pela envolvente opaca

	Por orientação e horizontal												
	Norte	Sul	Este	Oeste	Norte	Sul	Este	Oeste	Oeste	Oeste	Este		
Área, A (m ²)	7,55	14,97	17,96	23,87	0,56	1,92	3,05	2,33	3,06	1,04	2,63		
U (w/m ² °c)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,68	0,68	0,68	0,68	0,92	0,92	0,92	0,92	0,69	0,95	2,91		
α.U.A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8		
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	16,41272	61,8314	81,9897	111,5641	1,656226	10,78913	18,94308	14,81583	14,62283	6,816616	102,7795		442,22

Folha de cálculo FC V.1d

Ganhos solares pelos envidraçados exteriores

	Por orientação e horizontal								
	Norte	Este	Este	Sul	Sul	Oeste	Oeste		
Área, A (m ²)	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	0,77		
Fator solar do vão envidraçado, g _v	0,326	0,326	0,326	0,326	0,326	0,326	0,326		
Fração envidraçada, F _g (Quadro IV.5)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70		
Fator de obstrução, F _s	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90		
Fator de seletividade do vidro, F _w (Quadro V.3)	0,85	0,90	0,90	0,80	0,80	0,90	0,90		
Área efetiva, A _e	0,37	0,35	0,35	0,31	0,31	0,35	0,14		
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200,00	420,00	420,00	380,00	380,00	430,00	430,00		
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	73,11	146,30	146,30	117,66	117,66	149,78	61,18	811,98	

** Para dispositivos de acionamento móveis, corrigidos na soma de 30% do fator solar do vão (F_g deve ser 0,41 e 70% do fator solar do envidraçado com a proteção solar móvel actuada (Quadro V.4))
 *** Para a orientação de envidraçamento e fator de obstrução, F_s, a utilizar pelo produto F_gF_s (Quadro IV.5) e F_w.

Folha de cálculo FC V.1e

Ganhos internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4,00	(W/m ²)
Área útil de pavimento	84,50	(m ²)
Ganhos Internos totais	989,664	(kWh)

Folha de cálculo FC V.1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (FC V.1d)	811,98	(kWh)
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior (FC V.1c)	442,22	(kWh)
Ganhos internos (FC V.1e)	989,66	(kWh)
Ganhos térmicos totais	2243,86	(kWh)

Folha de cálculo FC V.1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais	(FC V.1f)	<input type="text" value="2243,86"/>	(kWh)
		/	
Perdas térmicas totais	(FC V.1a)	<input type="text" value="2266,38"/>	(kWh)
		=	
γ		<input type="text" value="0,99"/>	
Inércia do edifício		<input type="text" value="Forte"/>	
		$a = 4,20$	
		<input type="text" value="1"/>	
		-	
Fator de utilização dos ganhos solares, η		<input type="text" value="0,812"/>	
		=	
		<input type="text" value="0,188"/>	
ganhos totais brutos		x	
Ganhos térmicos totais	(FC V.1f)	<input type="text" value="2243,86"/>	(kWh)
		=	
Necessidades brutas de arrefecimento		<input type="text" value="422,51"/>	(kWh/ano)
		+	
Consumo dos ventiladores	(Ev=Pv.24.122/1000)	<input type="text" value="0"/>	(kWh)
(se houver, exaustor da cozinha excluído)		=	
	Total	<input type="text" value="422,51"/>	(kWh/ano)
		/	
Área útil de pavimento		<input type="text" value="84,50"/>	(m ²)
		=	
Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc		<input type="text" value="5,00"/>	(kWh/m ² .ano)
		≤	
Necessidades nominais de arref. máximas - Nv		<input type="text" value="23,00"/>	(kWh/m ² .ano)