

Miguel Ângelo A.
Pinheiro de Carvalho

Centro de Ciências da
Vida da Universidade da
Madeira

Banco de Germoplasma
ISOPlexis – Germobanco,
Universidade da Madeira,
Campus da Penteada,
9050-290 Funchal, Portugal;
Grupo de Recursos
Genéticos e Marcadores
Funcionais – Instituto
de Ciências Agrárias e
Ambientais, Universidade
de Évora, Campus da Mitra,
7006-554 Évora.

O PAPEL DO BANCO DE GERMOPLASMA ISOPLEXIS–GERMOBANCO NO ESTUDO E CONSERVAÇÃO DA AGRODIVERSIDADE E DOS RECURSOS GENÉTICOS

Introdução

O passado, o presente e o futuro da Humanidade estão intrinsecamente relacionados com a diversidade de plantas e animais. Desta diversidade de recursos e do seu uso sustentado depende a riqueza e bem-estar dos países e das suas populações, tendo sido a sua capacidade para utilizar plantas e animais em harmonia com a natureza que garantiu a sobrevivência dos primeiros seres humanos e posteriormente a evolução de civilizações e sociedades.

Desde o início do seu percurso evolutivo, há 2,7 milhões de anos, que o ser humano aprendeu a discernir entre plantas e animais comestíveis e não-comestíveis, e mais tarde a utilizá-los para as mais diversas finalidades.

Na atualidade, o Homem depende das plantas para obter alimento, fibras e outros bio-componentes, medicamentos, materiais, ornamentos, etc. Desde a aprovação da Convenção da Diversidade Biológica, no Rio de Janeiro, em 1992, que se procura atribuir um valor à biodiversidade, tendo por base os serviços prestados pelos ecossistemas, as aplicações e o uso dado a espécies e recursos genéticos, a fim de criar mecanismos de distribuição equitativa da riqueza gerada, entre países detentores e utilizadores da biodiversidade.

As estimativas mais recentes que englobam os serviços ecológicos prestados pela natureza e a produção de alimento apontam para um valor médio de 33,0 trilhões

de dólares por ano, ou seja, duas vezes o PIB mundial (Constanza *et al.*, 1997).

Num período que varia entre 14 e 10 mil anos, de acordo com diferentes investigadores e registos arqueológicos, o Homem deu início à Agricultura, uma atividade que viria a alterar o curso da história e a desencadear a “terra-transformação” do planeta. A agricultura aglutina em si os princípios da criação da diversidade e do uso sustentado de plantas e animais. A Humanidade utilizou as 321.000 espécies vegetais conhecidas, entre elas 85.000 plantas comestíveis para criar 7.500 espécies agrícolas e 28.000 espécies silvícolas, ornamentais ou industriais. Estas espécies contabilizam milhares de variedades. Entre as 63.000 espécies de animais vertebrados, 14 foram domesticadas para a pecuária e 6.000 raças animais criadas. Estas espécies, variedades vegetais e raças animais, constituem uma parte significativa da agrobiodiversidade, da qual depende o nosso futuro e sobrevivência, encontrando-se, hoje em dia, seriamente ameaçada. As estimativas apontam para que 90% desta agrobiodiversidade se tenha extinguido ou se encontre ameaçada, colocando em risco a nossa segurança e qualidade alimentar (Pinheiro de Carvalho *et al.*, 2014).

Constanza e coautores (1997) calcularam um valor para os serviços relacionados com a agrobiodiversidade, que atinge os 2,6 triliões de dólares anuais. As 20 principais produções agrícolas, que asseguram 85% da alimentação da Humanidade, têm um valor comercial de 1,5 triliões de dólares, dos quais 777,5 biliões dizem respeito às produções vegetais (FAOSTAT, 2012). Estes dados parecem apontar para o facto de apenas 57,7% dos serviços prestados pela agrobiodiversidade resultarem em valor transacionável. Por sua vez, a produção agrícola nacional atingiu os 6,4 biliões de euros, dos quais 3,8 biliões foram gerados pela produção vegetal, sendo estes valores para a Madeira de 21,7 e 9,3 milhões de euros, respetivamente (INE, 2011). Se a proporção entre o valor total da agrobiodiversidade e o valor transacionável dos seus serviços se observar, esta terá um valor de 10,1 biliões e 34,3 milhões de euros anuais para Portugal e Madeira, respetivamente.

No entanto, estes valores devem ser considerados de referência, merecendo este problema ser analisado em maior profundidade e os valores obtidos validados com a aplicação de metodologias e indicadores específicos. Os valores apurados para a Madeira estarão dependentes dos índices de agrobiodiversidade e da eficiência no uso sustentado dos recursos genéticos.

A enorme importância da agrobiodiversidade e dos recursos genéticos para o futuro da Humanidade motivou a aprovação do Tratado Internacional para os Recursos Genéticos para a Agricultura e Alimentação (TIRGAA) e a elaboração do Plano de Ação Mundial (PAM). Ambos são considerados mecanismos fundamentais para limitar os efeitos da perda e erosão da agrobiodiversidade, fixar os direitos e prerrogativas dos países sobre os recursos genéticos e garantir a sua segurança alimentar.

Na atualidade diversos problemas afetam os recursos genéticos utilizados na agricultura, os quais estão relacionados com a industrialização da agricultura, a globalização da produção de alimento e a padronização extrema das culturas. Estes processos permitiram o rápido aumento da produtividade e da produção de alimento, fibras e outras matérias-primas, mas acarretaram ao mesmo tempo um conjunto de fenómenos negativos, entre os quais se podem enumerar: a perda de agrobiodiversidade, com a redução do número de espécies e variedades cultivadas; a perda de soberania alimentar, com a crescente vulnerabilidade dos sistemas agro-alimentares, devido à sua dissociação das condições e da economia locais; o alastramento de uma agricultura não sustentada, em que o aumento de agroquímicos e a diminuição da variabilidade genética das variedades agrícolas provoca a perda de qualidade alimentar; a contaminação da cadeia alimentar; a maior sensibilidade às alterações climáticas; o aumento de pragas e doenças. Por isso, o PAM aparece alavancado por diversos programas internacionais e multilaterais, que visam fazer frente a estes fenómenos negativos, promovendo a prospeção e inventariação da agrobiodiversidade, a avaliação dos recursos genéticos e a conservação e saneamento do material de propagação. Entre outros exemplos destes programas, podemos destacar a rede mundial de Bancos de Germoplasma, que o BG ISOPlexis integra sob o número de PTR 102, a rede Germobanco Agrícola da Macaronésia formada pelos bancos de germoplasma agrícola da Macaronésia, a estratégia nacional para os recursos genéticos para agricultura e alimentação, na qual cooperamos com o Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), ligado ao Banco Português de Germoplasma Vegetal (BPGV) e, finalmente, o programa europeu cooperativo para os recursos genéticos (sigla inglesa, ECPGR), que nos permite interagir com diversos grupos internacionais de trabalho.

Prospecção e inventariação da agrodiversidade

No arquipélago da Madeira, a origem vulcânica recente e a orografia montanhosa fazem com que a agricultura seja praticada em socalcos ('poios'), que se distribuem desde o nível do mar até aos 800 m de altitude. Estes socalcos foram criados frequentemente em encostas íngremes e vales isolados, com diferentes microclimas. A distribuição em altitude das espécies faz com que fiquem sujeitas a diferentes condições e constrangimentos climáticos. A natureza vulcânica dos solos e a existência de 5 complexos de solos, contrastantes, em termos de biodisponibilidade de nutrientes e elementos minerais determina a existência de diferentes condições e adaptações edáficas. Assim, apesar da sua reduzida dimensão, a Região, e em particular a ilha da Madeira, caracteriza-se pela variedade de condições agroecológicas, determinadas pela ação conjugada dos 4 patamares bioclimáticos, orografia, exposição, condições edáficas e climáticas. Esta variedade é representada por um modelo que divide a ilha da Madeira em 7 zonas agroecológicas. Nestes patamares bioclimáticos e zonas agroecológicas, a agrodiversidade distribui-se de forma específica. A variedade de condições agroecológicas constituiu um importante fator na evolução da agrodiversidade. Este fator faz com que a prospecção e inventariação da agrodiversidade seja um processo complexo que deve ter em consideração: as espécies agrícolas e as suas formas cultivadas; os parentes silvestres das culturas agrícolas (cujas sigla em inglês é CWRs); as espécies silvestres com potencial agrícola; a variedade de agrossistemas e de condições agroecológicas. Assim a prospecção dos recursos genéticos para agricultura e alimentação na Madeira deve incluir não só o inventário, com o número de espécies, mas também a diversidade infraespecífica representada pelas variedades locais (*landraces*), formas cultivadas e ecótipos, sem deixar de ter em consideração a sua riqueza (*richness*) e ocorrência (Pinheiro de Carvalho *et al.*, 2014).

A riqueza da agrodiversidade no arquipélago da Madeira resulta também da sua proximidade em relação ao centro de domesticação do mediterrâneo (teoria N.I. Vavilov), o que faz com que a região partilhe com este diversos componentes da flora nativa, onde pontuam as CWRs e espécies negligenciadas ou com potencial

agrícola. Entre estas podemos referir algumas espécies de brássicas, gramíneas, leguminosas e labiadas, ou a *Beta patula* Aiton, enquanto exemplo de um CWR, o *Raphanus raphanistrum* L. e *Tamus edulis* Lowe, como exemplos de espécies comestíveis e/ou negligenciadas, o *Hypericum perforatum* L., entre as espécies medicinais, e a *Urtica dioica* L., enquanto espécie auxiliar e comestível. Para além da sua inventariação, algumas destas espécies têm sido objeto de estudo, no âmbito de projetos de investigação, nomeadamente o AEGRO (Freze *et al.*, 2010a; Freze *et al.*, 2010b; Freze *et al.*, 2010c; Pinheiro de Carvalho *et al.*, 2010), o CWR project (Bilz *et al.*, 2011), o MZSCFound_Normania (Alves *et al.*, 2014), o Trust/Millennium ou o Life Natura Recover do Parque Natural da Madeira.

Outro fator que contribui para o enriquecimento da agrodiversidade foi a repetida introdução de culturas e espécies agrícolas, medicinais, ornamentais, etc., pelos povoadores, com a subsequente adaptação às condições agroecológicas e práticas culturais específicas, e à ação selecionadora dos agricultores. Estes processos contribuíram para a riqueza inter e infraespecífica da agrodiversidade no arquipélago da Madeira.

Os inventários anteriores apontam para existência de 1.226 espécies vasculares, entre as quais 600 espécies nativas e 633 espécies introduzidas, com ocorrência espontânea (Press & Short 1994; Vieira, 2002). Estes trabalhos não incluem as inúmeras espécies agrícolas, medicinais e ornamentais não espontâneas, introduzidas no território do Arquipélago, com diferentes objetivos, nem se debruçam sobre a diversidade infraespecífica destas espécies. O inventário de agrodiversidade do banco é constituído atualmente por 461 espécies vegetais, incluindo 109 espécies agrícolas, 340 parentes silvestres (CWRs) e 12 espécies negligenciadas. Estes números indicam que a agrodiversidade constituirá cerca de 37,6% de todas as espécies vasculares presentes no Arquipélago. Estes dados são completados com o inventário da agrodiversidade infraespecífica das principais culturas hortícolas e cerealíferas, que inclui a prospecção das formas cultivadas em diferentes condições agroecológicas do arquipélago da Madeira.

O programa de inventariação da agrodiversidade desenvolvido pelo banco baseia-se na pesquisa documental, na prospecção *in situ* com a georreferenciação

das populações e o recurso a sistemas de informação geográfica. Os resultados deste programa são utilizados para avaliar a riqueza de espécies, os índices de diversidade e para monitorizar as alterações à agrobiodiversidade. Em paralelo, os resultados da prospeção são utilizados para delinear estratégias de colheita e conservação *ex situ* e *in situ* da diversidade de recursos genéticos. O inventário de agrobiodiversidade é articulado com a documentação dos recursos genéticos no sistema de documentação e informação (SDI) do BG ISOPlexis, que é gerido, através da plataforma GRIN-Global. A utilização desta plataforma resulta de uma parceria, com o Bioversity International e o banco de sementes da USDA (Pinheiro de Carvalho & Nóbrega, 2013). Dados não publicados deste inventário apontam para uma dramática redução e erosão da agrobiodiversidade na Região.

O BG ISOPlexis tem também prestado assistência a diversas entidades, incluindo agricultores, associações de produtores e autarquias. Neste contexto, importa realçar a assistência prestada ao Parque Ecológico do Funchal no âmbito da inventariação das espécies no seu território, da recolha e conservação de sementes de espécies nativas e da definição e priorização das áreas de conservação e recuperação da vegetação nativa, após os acontecimentos catastróficos (cheias e incêndios) de 2010 (Albuquerque *et al.*, 2010, Fontinha *et al.*, 2014).

Conservação e saneamento dos recursos genéticos

Desde 1996, o banco tem, em paralelo com a prospeção e inventariação da agrobiodiversidade, promovido um programa de amostragem e conservação dos recursos genéticos para a agricultura e alimentação (Pinheiro de Carvalho & Serralha, 2012). O objetivo deste programa consiste na conservação *ex situ* dos recursos genéticos, a fim de apetrechar a Região, com coleções de germoplasma que serviam de garante à sua segurança alimentar. A coleção de germoplasma do BG ISOPlexis é constituída por uma coleção base destinada à conservação de longo prazo dos recursos genéticos e por uma coleção ativa que inclui duplicados para investigação, multiplicação, regeneração, intercâmbio com outros bancos de germoplasma ou

para cedência de material de propagação aos *stakeholders*. A amostragem dos recursos genéticos e a sua posterior conservação no banco observa as normas e protocolos internacionais, nomeadamente do IPGRI/ Bioversity International (Rao *et al.*, 2006).

O BG ISOPlexis tem por objetivo principal assegurar a conservação da agrobiodiversidade, com enfoque nas culturas tradicionais. Por este motivo, são objeto de amostragem as culturas, cujas sementes sejam confirmadamente de produção local e mantidas pelos agricultores madeirenses ao longo de duas a três gerações. A recolha de germoplasma de espécies agrícolas e CWRs é realizada, através da amostragem de populações (campos de cultivo, formas cultivadas, etc.), seguindo as metodologias desenvolvidas pelo IPGRI/Bioversity ou pela ESCONET (European Native Seed Conservation Network). O número mínimo de indivíduos amostrados por população é definido de acordo com a espécie e o tamanho da população.

Após a amostragem e recolha, a cada amostra de germoplasma é atribuída uma identidade representada por um código do acesso (*p. e.*, a ISOP2000, ‘chícharo’, *Lathyrus annuus* L.), sendo introduzida no SDI do banco. Este código irá agregar num cadastro toda a informação disponível sobre cada acesso. A preparação de uma amostra de germoplasma envolve um rigoroso processo de triagem (seleção e limpeza) do material de propagação, saneamento (eliminação de sementes danificadas ou infestadas), desidratação e análise de qualidade (viabilidade, rastreio de fungos e vírus). Após a realização destes procedimentos os acessos são loteados e conservados em sacos selados sob vácuo, em condições padrão, à temperatura de 4.°C (coleção ativa) ou a -20.°C (coleção passiva). Os procedimentos adotados pelo banco na preparação das amostras de germoplasma para conservação verificam as normas padrão elaboradas pelo IPGRI/ Bioversity International, o ECPGR ou o ISTA (Associação Internacional para o Teste de Sementes). Adicionalmente, em campo experimental, *in situ* ou *ex situ*, é mantido o material de propagação de espécies agrícolas não produtoras de semente, mas cuja importância e tradição na agricultura madeirense são reconhecidas, como seja o caso das culturas de tubérculo (‘batata’, *Solanum tuberosum* L.) ou de rizomas tropicais (‘batata-doce’, *Ipomoea batatas* (L.) Lam. ou ‘inhame’, *Colocasia esculenta* Schott).

A coleção de germoplasma do BG ISOplexis é constituída por 3.893 entradas (acessos) que representam 2.586 ISOPs (acessos únicos) de espécies agrícolas e silvestres (tabela 1). Estes acessos foram recolhidos maioritariamente (2.115 ISOPs) no arquipélago da Madeira (RAM), mas a realização de missões de campo noutras regiões e o intercâmbio com outras entidades resultaram na aquisição de 471 ISOPs (18,2% da coleção), com origem geográfica distinta, nomeadamente em Portugal Continental, Peru, Cabo Verde ou Espanha. Os acessos de espécies agrícolas (2.031 ISOPs, 79,2% da coleção) representam a maioria da coleção, enquanto 555 ISOPs (20,8% da coleção) são de espécies silvestres. Os acessos da coleção de germoplasma estão organizados por culturas agrícolas, sendo as coleções mais representativas as leguminosas (734 ISOPs, 28,4% da coleção), as cerealíferas (719 ISOPs, 27,8% da coleção) e as hortícolas (653 ISOPs, 25,3% da coleção); outras coleções importantes são as forrageiras e as CWRs (tabela 2).

No banco de germoplasma encontram-se armazenadas *landraces* de ‘milho’, ‘feijão’, ‘trigo’, ‘batata-doce’, ‘abóbora’ e ‘batata’ adaptadas às condições edafoclimáticas locais, e ao cultivo em sistemas agrícolas tradicionais sustentáveis ou em consociação. Estes recursos genéticos possuem um valor inestimável para a sustentabilidade da agricultura e permitem: gerir a segurança alimentar; valorizar as produções locais; reforçar os sistemas agroalimentares e promover a sua adaptação às alterações climáticas; assegurar programas de melhoramento vegetal (Pinheiro de Carvalho *et al.*, 2013).

O Tratado Internacional para os Recursos Genéticos para a Agricultura e Alimentação (TIRGAA) atribui aos países e regiões responsabilidades na conservação destes recursos, permite a sua exploração, mas também obriga à partilha dos recursos genéticos das espécies agrícolas, que asseguram a base alimentar da humanidade e que se encontram enumeradas no anexo I. Os bancos de germoplasma são um elo fundamental no processo, pois procedem à cedência e intercâmbio do material genético ao abrigo de Acordos de Transferência de Material (acrónimo inglês TAM) que salvaguardam os direitos nacionais. O BG ISOplexis utiliza o TAM padrão elaborado e proposto pela FAO. O material genético trocado ou transferido deve obedecer a rigorosa observância das normas

de sanidade e estar isentos de patógenos. O intenso intercâmbio de plantas e material de propagação, que ocorre na atualidade, potencia a emergência e disseminação de novas pragas e doenças, o que causa natural preocupação na troca de sementes e material vegetativo. A participação do BG ISOplexis em redes de investigação, com o objetivo de monitorizar e desenvolver o rastreio e diagnóstico de pragas, doenças e viroses, constitui uma grande oportunidade na aquisição de competências neste domínio. No âmbito da ERA-NET NETBiome, o banco participa no projeto Safe-PGR, integrando uma rede com o INRA, o CIRAD e a Universidade dos Açores, que tem por objetivo determinar a prevalência de diversos vírus em culturas de propagação vegetativa, designadamente a ‘bananeira’, ‘baunilha’, ‘batata-doce’, ‘cana-de-açúcar’, ‘alho’ e ‘discória’, bem como desenvolver técnicas de diagnóstico das principais viroses. O rastreio de amostras da coleção de germoplasma de ‘batata-doce’ (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) e de ‘bananeira’ (*Musa acuminata* Colla) em relação a 6 viroses (‘batata-doce’: *crinivirus*; *potyvirus*; *begomovirus*; *carlavirus*; ‘bananeira’: *potyvirus*; *badnavirus* e *tobamovirus*) permitiu detetar uma taxa média de prevalência de vírus de 30,7% e 2,8%, respetivamente. Este projeto possibilitou parcerias com outras Regiões Europeias Ultraperiféricas e com instituições de investigação de referência na Europa. Permitiu, ainda, adquirir competências no rastreio e diagnóstico de vírus, contribuindo para melhorar a segurança do germoplasma destas culturas. Assim, o banco possui experiência na despistagem de pragas e doenças que utiliza ora para realizar a monitorização da coleção, ora para prestar serviços a terceiros.

Avaliação dos recursos genéticos

A avaliação da agrobiodiversidade e dos recursos genéticos para a agricultura e alimentação é desenvolvida, tendo por fundamento diversos objetivos, nomeadamente: avaliar no espaço e no tempo a diversidade agrícola; criar modelos da agrobiodiversidade e suas alterações; caracterizar e fenotipar as variedades regionais (*landraces*); detetar caracteres de interesse, com a avaliação da sua variação e

potencial uso; valorizar os recursos genéticos.

Nestes estudos são utilizadas diferentes metodologias baseadas na análise de caracteres e marcadores funcionais, incluindo morfo-agronômicos, fisiológicos, bioquímicos e moleculares. A compreensão da estrutura da agrodiversidade e das suas alterações, das *landraces*, que constituem a sua unidade nuclear, e a realização dos objetivos anteriores, exige o desenvolvimento de uma abordagem integrada e multidisciplinar. Esta abordagem baseia-se no conceito de fenotipagem e genotipagem dos recursos genéticos; envolve, igualmente, a análise de diferentes caracteres e marcadores funcionais com o estabelecimento de relações (*linkage*) entre eles. Nesta metodologia, a realização de ensaios agronômicos e o trabalho em campo experimental, a fim de observar e analisar o desenvolvimento das plantas e a sua interação com o agrossistema sob condições variáveis do meio, são fundamentais. A existência de capacidade laboratorial que permita a análise do material obtido em relação à variação de caracteres e a deteção de marcadores moleculares específicos completam a nossa abordagem. Nesta investigação, as análises morfométrica, agronómica, bioquímica e molecular, são realizadas recorrendo a protocolos e normas do IPGRI/Bioversita Internacional, ECPGR, da União Internacional para Proteção de Novas Variedades Vegetais (acrónimo inglês UPOV), do Instituto Comunitário de Variedades Vegetais (ICVV/ CPVO), da ISTA e da Associação Oficial de Química Agrícola (AOAC). O BG ISOPlexis tem desenvolvido vários estudos no âmbito desta temática, enquadrados em projetos de formação avançada ou projetos de investigação em rede e com financiamento externo. Esses estudos permitiram aumentar o estado dos conhecimentos sobre a agrodiversidade e os recursos genéticos para a agricultura e a alimentação. Alguns dos resultados mais representativos serão de seguida abordados de forma concisa.

Caracterização e inventário das *landraces*

A história agrícola da Madeira caracteriza-se pela existência de ciclos agrícolas que envolveram a substituição de uma cultura dominante e economicamente

importante por outra nova cultura, dando origem aos ciclos dos cereais, da cana-de-açúcar, da vinha e, por último, da bananeira. No entanto, a agricultura madeirense sempre se pautou por apresentar, simultaneamente, uma vertente de pluri-cultura, com a existência de um elevado número de espécies e culturas secundárias cultivadas para assegurar a subsistência da população. As alterações operadas na sociedade e economia da Região, a partir dos anos 80 do século passado, desencadearam processos na estrutura agrícola, como o abandono das explorações e a destruição da estrutura intergeracional, que tornaram vulnerável uma parte significativa da agrodiversidade, em particular as *landraces* de muitas culturas agrícolas. Apesar do impacto negativo destas alterações, o BG ISOPlexis conseguiu proceder à amostragem e colheita de importantes recursos genéticos, conforme se pode ver na tabela 1. As variedades regionais (*landraces*) são reconhecidas internacionalmente como fundamentais para assegurar a segurança alimentar e sustentabilidade da agricultura local e prevê-se o aumento da sua importância na diversificação da bioeconomia rural. No entanto, estes recursos genéticos têm de passar por um complexo processo de caracterização antes de poderem ser consideradas variedades regionais. A identificação das variedades regionais implica, por um lado, a sua caracterização em relação aos atributos agronómicos, a definição do material tipo (padrão) e a identificação de caracteres e marcadores específicos da variedade (da Silva *et al.*, 2013; da Silva *et al.*, 2010; de Freitas *et al.*, 2005) e, por outro, a comprovação da sua origem geográfica, bem como a sua associação aos agrossistemas e condições agroecológicas locais. O estudo da diversidade e dos recursos genéticos de ‘trigo’, ‘milho’ e ‘feijão’, com recurso a descritores e à análise da variação dos caracteres associados permitiu identificar variedades regionais para o ‘trigo’ (29 variedades; dos Santos *et al.*, 2009; dos Santos e Pinheiro de Carvalho, 2006), ‘milho’ (5 variedades; Pinheiro de Carvalho *et al.*, 2008) e ‘feijão’ (17 variedades; Freitas *et al.*, 2011). Estudos similares estão em curso para caracterizar as variedades de ‘batata-doce’, ‘batata’, ‘inhame’ e ‘macieira’. Na coleção de germoplasma do banco, 393 ISOPs (15,3% da coleção) pertencem às variedades regionais identificadas. No entanto, 1.315 ISOPs (51,3% da coleção) carecem ainda de classificação. Os resultados destes estudos contribuíram para o desenvolvimento de “passaportes” que

facilitam a proteção legal dos recursos genéticos da Região Autónoma da Madeira (RAM). Os passaportes são um dos elementos do cadastro dos ISOPs no SDI do banco e contém informação que permite a distinção inequívoca e certificação das variedades regionais, com base em caracteres e marcadores múltiplos aceites pelo sistema europeu do ICVV ou nacional do CENARVE. Os resultados têm sido aplicados no registo de variedades de ‘milho’ e ‘feijão’, ou no apuramento de variedades vegetais, tendo permitido a aprovação do registo e introdução nos catálogos nacional ou comunitário de 5 variedades vegetais: 3 regionais e 2 selecionadas ou comerciais.

Fenotipagem dos recursos genéticos

Na avaliação dos recursos genéticos para a agricultura e alimentação, a fenotipagem de características agronómicas (ou caracteres específicos relacionados com a produtividade) e de qualidade (composição nutricional ou resistências a fatores abióticos e bióticos) constitui temática de investigação atual e visa valorizar os recursos e permitir a sua adaptação a novas condições ambientais ou de mercado.

Neste âmbito, podemos referir a avaliação dos recursos genéticos de ‘trigo’ (*Triticum aestivum* L. e *Triticum durum* L.), uma das culturas agrícolas mais antigas do arquipélago da Madeira, que protagonizou o seu 1.º ciclo económico. A cultura perdeu a sua importância a partir da 2.ª metade do século passado. Porém, as repetidas introduções de recursos genéticos com diferente origem geográfica, incluindo a Península Ibérica, o Mediterrâneo (Sul da Europa, Mediterrâneo Oriental e Norte África), as Canárias e o Norte da Europa (dos Santos *et al.*, 2012; dos Santos e Pinheiro de Carvalho, 2006), fazem com que a diversidade do ‘trigo’ seja um importante património genético. O seu cultivo na Madeira, desde o século XV, permitiu o aparecimento de um número considerável de *landraces*, com o desenvolvimento de caracteres específicos, cuja variabilidade permite antever a sua utilização na adaptação às alterações climáticas ou em programas de melhoramento (Newton *et al.*, 2010). Os nossos estudos demonstram que as variedades

de ‘trigo’ da Madeira se encontram bem adaptadas e desenvolveram resistências às condições ácidas do solo e de toxicidade dos metais (*stress* metálico), dois grandes constrangimentos da agricultura atual, que aparecem muitas vezes associados à seca (Pinheiro de Carvalho *et al.*, 2003). Estas resistências resultam da adaptação das *landraces* às condições agroecológicas locais (Ganança *et al.*, 2007; Slaski *et al.*, 2006) e desenvolveram-se em diferente grau entre os recursos genéticos de outras culturas tradicionais da Madeira, nomeadamente no ‘milho’ (Pinheiro de Carvalho *et al.*, 2004), no ‘feijão’ (Domingues *et al.*, 2013) e nalgumas espécies nativas e CWRs. As *landraces* de ‘trigo’ apresentam caracteres e mecanismos que lhe permitem neutralizar a biodisponibilidade de metais tóxicos (dos Santos *et al.*, 2005) e manter, nestas condições, a produtividade e qualidade do grão. Um trabalho de genotipagem da diversidade de ‘trigo’, com recurso a 100 microssatélites polimórficos está a ser desenvolvido, o que permitirá relacionar vários caracteres, incluindo resistências e qualidade da produção, com a variabilidade genética e proceder ao seu mapeamento.

Em simultâneo, as alterações climáticas irão exacerbar a temperatura e a seca que constituem dois dos principais constrangimentos à agricultura mundial e afetarão também o território da Madeira, colocando em causa a sustentabilidade e a produtividade dos agrossistemas. Neste contexto, a fenotipagem dos recursos genéticos em relação a caracteres de tolerância a estes constrangimentos que identifiquem material genético apropriado permitirá o desenvolvimento de novas variedades e/ou a adaptação das culturas às condições ambientais. No âmbito do projeto Europe Aid/ 128-500/C/ACT/TPS “*Adapting clonally propagated crops to climatic and commercial changes*”, o BG ISOPlexis participa na Rede Internacional de Aróideas Comestíveis (acrónimo inglês INEA), que visa adaptar o ‘inhame’ às alterações climáticas e de mercado. Um modelo de *stress* hídrico, que não existia para esta cultura, está a ser construído. A realização de ensaios agronómicos permitiu analisar a variação de 14 caracteres morfológicos, fisiológicos e bioquímicos sob condições de *stress*. Os resultados serão utilizados para definir os caracteres específicos de tolerância e identificar o material genético apropriado para programas de melhoramento vegetal. O banco tem desenvolvido competências e

adquirido conhecimento no rastreio e identificação de variedades tolerantes à seca, competências que se tornam relevantes no atual contexto climático.

Outro aspeto importante da fenotipagem dos recursos genéticos para agricultura e alimentação está relacionado com a avaliação da produtividade e qualidade da produção das variedades regionais. Nesta linha de ação, o BG ISOplexis tem desenvolvido estudos que visam a análise da composição bioquímica e nutricional das variedades regionais, assim como o estudo da variação de caracteres antinutricionais e o controlo de qualidade microbiológica e toxicológica. Deste modo, no 'trigo', foi avaliada a composição nutricional e tecnológica de 52 ISOPs que representam as variedades regionais desta cultura (dos Santos *et al.*, 2012; Andrade *et al.*, 2007; dos Santos *et al.*, 2006), de 54 ISOPs de 'feijão' (Gouveia *et al.*, 2014), 11 ISOPs de 'batata-doce' (Nunes *et al.*, 2014), 44 ISOPs de 'milho' e várias amostras de 'inhame', 'norça' (*Tamus edulis* Lowe) e 'perrexil-do-mar' (*Crithmum maritimum* L.). Estes estudos permitem completar o cadastro dos ISOPs e das variedades regionais em relação a vários aspetos da sua qualidade nutricional e biofuncional e está na base de projetos como o Batatinpan que visa o desenvolvimento da transformação industrial da produção regional de 'batata-doce'.

Valorização das produções e produtos locais

O conhecimento científico sobre os recursos genéticos para a agricultura e alimentação têm uma importância fundamental para o setor agroalimentar (Ganança *et al.*, 2008). Esta constatação é suportada pelo crescente interesse da sociedade em relação à atividade do BG ISOplexis e pelas crescentes solicitações de agricultores e empresas do setor agroalimentar. Esta tendência tem evoluído favoravelmente, apesar dos condicionalismos impostos pela localização e pequena dimensão da RAM, onde o setor agrícola sofre as pressões impostas pela falta de escala, globalização e deslocalização da produção alimentar. Neste contexto, a promoção das variedades regionais e a diferenciação das produções agrícolas locais, com a sua associação a esquemas integrados de valorização permitirá melhorar o

retorno obtido pelos *stakeholders* em resultado da atividade agrícola e transformadora. O ISOplexis tem vindo a adotar uma postura pró-ativa, de cooperação com os agricultores e outros agentes do setor, transferindo os resultados da sua investigação e tecnologia para o setor. Neste capítulo destacam-se o registo de variedades vegetais promovido pelo BG ISOplexis, desempenhando o banco as funções de manuseador e de manutenção do material de propagação (semente pré-base) e o projeto Batatinpan, em copromoção com a Companhia Insular de Moinhos, que visa incentivar a valorização e transformação da produção de 'batata-doce', potenciando a criação de valor para toda a fileira dessa cultura.

Conclusão

O BG ISOplexis – Germobanco garante na Região a aplicação de algumas das competências relacionadas com a estratégia nacional para os recursos genéticos para a agricultura e alimentação. Neste capítulo assegura a cooperação com o INIAV, o ECPGR e outras entidades regionais, nacionais ou internacionais.

O banco mantém uma importantíssima coleção dos recursos genéticos para a agricultura e alimentação, contribuindo para a sua conservação e para gerir a segurança alimentar na Região, assim como para o desenvolvimento de novas soluções para a bioeconomia regional.

O BG ISOplexis desenvolve projetos de investigação e desenvolvimento que permitem à Universidade deter competências e conhecimentos, passíveis de serem utilizados em diversos níveis da oferta formativa, incluindo a formação avançada, e de disponibilizar produtos e serviços para o setor agroalimentar, através de parcerias com entidades públicas ou privadas, ou da cooperação com os agricultores.

O banco tem contribuído para valorização dos recursos genéticos e das produções locais, abrindo caminho para a inovação no setor agroalimentar da Madeira, nomeadamente com a criação da marca Germobanco Agrícola da Madeira.

Agradecimentos

O autor agradece a todos os atuais membros do ISOPlexis – Germobanco a sua dedicação e esforço em prol da unidade e da equipa, assim como aos antigos colaboradores e a todos aqueles que, na Instituição e na Região, acreditaram e acreditam na importância do nosso trabalho, apoiando-o mesmo nas horas de maior dificuldade.

Em nome do BG ISOPlexis – Germobanco, o autor agradece também aos agricultores madeirenses o seu valioso contributo e abnegação na conservação de um património genético e paisagístico ímpar, bem como na criação de uma riqueza que servirá às gerações futuras.

Referências bibliográficas

- Albuquerque, M.F.M., Costa Neves, H.M.F. da S., Rodrigues, J.M.L., Bettencourt, N.M.L., Fontinha, S.M.G.S., Franquinho, L.O., Luís, I.P. (2010). Parque Ecológico do Funchal. Plano de Recuperação 2010-2020. CMF.
- Alves, S. F., Reis, F., Henriques, D., Freitas, G., Gouveia, C.S.S., Fernandes, F., Carvalho, J.A., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2001). The light at the end of the tunnel for *Solanum trisetum* Dunal: the understanding of its ecogeographic baseline. *Biological Conservation*. 1-33. (no prelo)
- Andrade, V., dos Santos, T.M.M., Afonso Morales, D., Costa, G., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2007). Evaluation of wheat germplasm at the Madeira and Canary Archipelagos, using a single molecular marker. A rapid screening method for durum wheat identification. *Cereal Research Communications*. 35(3): 1397-1404.
- Bilz, M., Kell, S.P., Maxted, N., Lansdown (2011). European Red List of Vascular Plants. Luxembourg: Publications Office of European Union.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., G. Raskin, R.G., Suttonk, P., van

den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.

Domingues, A.M., da Silva, E., Freitas, F., Ganança, J.F., Nóbrega, H., Slaski, J.J., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2013). Aluminium tolerance in bean traditional cultivars from Madeira. *Revista de Ciências Agrárias*. 36(2): 148-156.

da Silva, E.M., dos Santos, T.M.M., Ganança, J.F.T., Slaski, J.J., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2013). Microchip Electrophoretic Analysis of Phaseolin Patterns and Its Comparison with Currently Used SDS-PAGE Techniques. *Chromatography* 76 (17-18): 1163-1169.

da Silva, E.M., Correia, A., Lopes, N., Nóbrega, H., Ganança, J.F.T., Domingues, A.M., Khadem, M., Slaski, J. J., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2010). Phyto-geographical origin of Madeiran common beans based on phaseolin patterns. *Pesq. Agropec. Brasileira, Brasília*. 45(08): 863-871.

de Freitas, L.R.A., Ganança, J.F.T., dos santos, T.M.M., Pinheiro de Carvalho M.A.A., Motto, M., Clemente Vieira, M.R. (2005). The use of seed proteins, zein, in the evaluation of Madeira maize germplasm. *Maydica*. 50: 105-112.

dos Santos, T.M.M., Nóbrega, H., Ganança, F., Silva, E., Afonso, D., Gutiérrez, A.F.M., Slaski, J.J., Khadem, M., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2012). Genetic variability of High Molecular Weight Glutenin Subunits among Canary Islands and Portuguese (Mainland and Madeira) bread wheat. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 59: 1377-1388.

dos Santos, T.M.M., Ganança, F., Slaski, J., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2009). Characterization of wheat genetic resources from the Madeira archipelago. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 56 (3): 363-370.

dos Santos, T.M.M., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2006). Trigos da Macaronésia. Diversidade dos Trigos Regionais do Arquipélago da Madeira. Germobanco. Funchal.

dos Santos, T.M.M., Sousa, N., Freitas, L., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2006). Caracterización de cultivares de trigo de Madeira basado en las proteínas de reserva y en parámetros tecnológicos. 230-233. D.R. Mesa, J.M.H. Abreu (Eds) La Biodiversidad Agrícola. Conservación, Caracterización y Políticas. Actas del Simposio

Internacional de Conservación de la Biodiversidad Agrícola.

dos Santos T. M.M., Slaski, J.J., Pinheiro de Carvalho, M.A.A., Taylor, G.J., Clemente Vieira, M.R. (2005). Evaluation of the Madeiran wheat germplasm for aluminium resistance using aluminium-induced callose formation in root apices as a marker. *Acta Physiologiae Plantarum*. 27(3a): 297-302.

Fontinha, S., Henriques, D., Nóbrega, H., Teixeira, D., Ferro, A. Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2014). A vegetation overview after 92% destruction of the Ecological Park of Funchal (Madeira Island, Portugal). Biodiversity and conservation (in submission).

Freitas, G., Ganança, J.F.T., Nóbrega, H., Nunes, E., Costa, G., Slaski, J. J., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2011). Morphological evaluation of common bean diversity on the Island of Madeira. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 58(6): 1-14.

Frese L., S. Kell, N. Maxted, G. Bjørn, F. Branca, M.A.A Pinheiro de Carvalho, B. Ford-Lloyd, L., K. Kristiansen, C. Germeier, J.M. Iriondo, A. Katsiosis, C. Teeling International meeting: AEGRO/ECPGR Meeting and On farm and in situ conservation, Funchal, September 2010a.

Frese, L., Pinheiro de Carvalho, M.A.A., Duarte, C. (2010b). Case crop study Beta (including *Patellifolia*) Part A: EU-level case study. Work Paper. ECPGR.

Frese, L., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2010c). Case crop study Beta (including *Patellifolia*) Part B: EU-level case study. EU Guidelines for the creation for Beta genetic resources conservation. Work Paper. ECPGR, pp. 15.

Ganança, J.F.T., dos Santos, T.M.M., Freitas, G., Reis, F.D.G., Lopes, N.A., Costa, G., Pinheiro de Carvalho, M.A.A., Slaski, J.J. (2008). Phytogenetic Resources of the Macaronesian Region and their Economical Use. In *Proceedings of the Sixth International Symposium of New Floricultural Crops*. M. Johnston, M.J.O. Dragovic, R.A. Criley (Eds). ISHS. *Acta Horticulturae*. 813: 299-306.

Ganança, J.F.T., Abreu, I., Sousa, N. F., Paz, R.F., Caldeira, P. dos Santos, T.M.M., Costa, G., Slaski, J.J., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2007). Soil conditions and evolution of Al tolerance among plant species on the Island of Madeira. *Plant, Soil and Environment*. 53 (6): 239-246.

Gouveia, C.S.S., Freitas, G., de Brito, J.H., Slaski, J.J., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2014). Nutritional and mineral variability in 52 accessions of common bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) from Madeira Island. *Agricultural Sciences*. 5: 317-329.

Newton A.C., Akar T., Baresel J.P., Bebeli P.J., Bettencourt E., Bladenopoulos K.V., Czembor J.H., Fasoula D.A., Katsiotis A., Koutis K., Koutsika-Sotiriou M., Kovacs G., Larsson H., Pinheiro de Carvalho M.A.A., Rubiales D., Russell J., Dos Santos, T.M.M., Vaz Patto, M.C. (2010). Cereal landraces for sustainable agriculture. A review. *Agron. Sustain. Dev*. 30: 237-269.

Nunes, N., Gouveia, C., Ganança, J.F.T., Brito, J., Horta Lopes, D., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2014). Comparative nutritional evaluation of sweet potato (*Ipomoea batata*) from Madeira and Azores. *Revista de Ciências Agrárias*. XX:1-10.

Pinheiro de Carvalho, M.A.A., Bebeli, P.J., Barata, A., Bettencourt, E., Slaski, J.J., Dias, S. (2014). Agrobiodiversity inventories and surveys, a need to assess the changes in the crop diversity? 1-15. In: M. R. Ahuja and S. M. Jain (Eds) *Genetic Erosion and Biodiversity*. Springer (in press).

Pinheiro de Carvalho, M.A.A., Bebeli, P., Bettencourt, E., Dias, S., Dos Santos, T.M.M., Costa, G., Slaski, J.J. (2013). Cereal landraces genetic resources in worldwide genebanks. A review. *Agron. Sustain. Dev*. 33: 177-203.

Pinheiro de Carvalho, M.A.A., Nóbrega, H. (2013, january). The implementation of GRIN-Global as the documentation system in the ISOPlexis Genebank, Madeira, Portugal. ISOPlexis Genebank. EURISCO. Finding seeds for the future. E-Bulletin. Bioversita. Rome. 1-2.

Pinheiro de Carvalho, M.A.A., Serralha, M.L.G. (2012). Prospecção, conservação, avaliação e valorização dos recursos fitogenéticos na Região Autónoma da Madeira. O papel do Banco de Germoplasma ISOPlexis. *Revista da Associação Portuguesa de Horticultura* 110: 34-38.

Pinheiro de Carvalho, M.A.A., Nóbrega, H., Frese, L., Freitas, G., Abreu, U., Costa, G., Fontinha, S. (2010). Distribution and abundance of Beta patula Aiton and other crop wild relatives of cultivated beets on Madeira. *Journal Fur Kulturpflanzen* 62 (10): 357-366.

Pinheiro de Carvalho, M.A.A., Ganança, J.F.T., Abreu, I., Sousa, N.F., dos Santos, T.M.M., Vieira Clemente, R.M., Motto, M. (2008). Evaluation of the maize (*Zea mays* L.) diversity on the Archipelago of Madeira. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 55: 221-233.

Pinheiro de Carvalho, M.A.A., Slaski, J.J., Abreu, I., Ganança, F.T., dos Santos, T.M.M., Freitas, L., Clemente Vieira, M.R., Nunes, A., Antunes, A., Taylor, G. (2004). Factors contributing to the development of aluminium tolerance in the Madeiran maize germplasm. *J. Plant Nutrition and Soil Sciences*. 167 (1): 93-98.

Pinheiro de Carvalho, M.A.A., Slaski, J.J., dos Santos, T.M.M., Ganança, F.T., Abreu, I., Taylor, G.J., Clemente Vieira, M.R., Popova, T.N., Franco, E. (2003). Identification of aluminium resistant genotypes among Madeiran regional wheats. *Communications in Soil Sciences and Plant Analysis*. 34 (19-20): 2967-2979.

Press, J.R., Short, M.J. (1994). *Flora of Madeira*. The Natural History Museum, London.

Slaski, J.J., Pinheiro de Carvalho, M.A.A., Macedo, A., Ganança, J.F.T., dos Santos, T.M.M. Andrade, V.P., Freitas, L.R., Freitas N.S., Rodrigues, D.M. (2006). Factors affecting enhanced resistance to aluminum among wild and cultivated plant species on the Island of Madeira. *Canadian Journal of Plant Science*. 86 (1): 188-189.

Vieira R.M., da S. (2002). Flora da Madeira. Plantas vasculares naturalizadas no Arquipélago da Madeira. *Boletim do Museu Municipal do Funchal*. 8: 1-281.

Tabela 1.

Distribuição dos ISOPs (acessos) da coleção de germoplasma do BG ISOplexis de acordo com o número de acessos únicos e duplicados, natureza do recurso e sua categoria quanto ao uso ou importância agrícola.

Colecção	Classificação	N.º total	%
Acessos	Entradas	3.913	100
ISOPs	Amostras iniciais (acessos únicos)	2.566	65,6
ISOPs	Duplicados e regenerações	1.347	34,4
Recurso			
agrícola		2.011	78,4
silvestre		555	35,5
Categoria			
Cultivares antigas	Formas cultivadas*	1.315	51,3
Landraces	Variedades regionais	393	15,3
CWRs	Parentes silvestres	368	14,3
NUCs	Espécies negligenciadas	37	1,4
Outras	Variedades comerciais, padrões	453	17,7

* Formas cultivadas não classificadas quanto à *landrace* a que poderão pertencer

Tabela 2.

Distribuição dos ISOPs (acessos) da coleção de germoplasma do BG ISOplexis de acordo com a categoria cultura.

Culturas	N.º total	%
Leguminosa	734	28,6
Cerealífera	719	28,0
Hortícola	653	25,5
Forrageira	121	4,7
Silvestres, CWR	94	3,7
Ornamental	63	2,5
Outras	57	2,2
Aromática e medicinal	47	1,8
Oleaginosa	41	1,6
Frutícola	37	1,4