

O PROJETO COACLIMATERISK – O IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO PARA AS PRINCIPAIS CULTURAS AGRÍCOLAS NA REGIÃO DO VALE DO CÔA

HELDER FRAGA^{1*}; TERESA R. FREITAS¹; NATHALIE GUIMARÃES¹; JOÃO A. SANTOS¹

*hfraga@utad.pt

1. Centre for the Research and Technology of Agro-Environmental and Biological Sciences (CITAB), Institute for Innovation, Capacity Building and Sustainability of Agri-food Production (Inov4Agro), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), 5000-801 Vila Real, Portugal.

RESUMO

Na região do Vale do Côa, Património Mundial da Humanidade da UNESCO, as vinhas e os olivais cobrem cerca de 10% da área, as pastagens 6%. Outras culturas de elevado interesse são a amendoeira (1%) e o castanheiro (1%). Esta forte diversidade de culturas agrícolas é proporcionada pelas condições edafo-climáticas da região. No entanto, a agricultura é altamente vulnerável às alterações climáticas. No último século, as temperaturas na Europa aumentaram, enquanto a precipitação e a disponibilidade de água diminuíram, especialmente no sul da Europa. Para o futuro, as projeções indicam um aquecimento significativo e um aumento

da aridez no Vale do Côa, que poderá ameaçar a sustentabilidade da agricultura. Por outro lado, estas possíveis alterações poderão ser uma oportunidade no desenvolvimento de medidas de adaptação sustentáveis, de forma a mitigar os impactos climáticos na economia regional e nacional. O projeto CoaClimateRisk propôs-se a avaliar os impactos das alterações climáticas nas culturas agrícolas do Vale do Côa, utilizando modelos climáticos regionais e cenários de emissões de gases de efeito estufa para criar projeções climáticas de alta qualidade, até 2100. Várias metodologias foram aplicadas, entre as quais a de zonagem bioclimática das culturas, revelando a

CITAÇÃO RECOMENDADA Fraga H, Freitas TR, Guimarães N & Santos JA (2024). O projeto *CoaClimateRisk* – O impacto das alterações climáticas e medidas de adaptação para as principais culturas agrícolas na região do Vale do Côa. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, Volume VIII, Páginas 162-179.

adequação atual e futura das regiões para as espécies. Medidas de adaptação, como a rega e a seleção de variedades, foram simuladas para determinar a resposta das culturas às alterações climáticas e à disponibilidade de água na bacia hidrográfica. A realização destes estudos contou com a colaboração dos parceiros do projeto, UTAD, ADVID, SOGRAPE, Fundação Côa Parque, Universidade do Minho, e consultores internacionais, que se alinharam com as políticas da União Europeia. Assim,

este projeto contribuiu para a determinação dos impactes das alterações climáticas e promoveu o desenvolvimento de medidas de adaptação e mitigação dos riscos climáticos, a curto e a longo prazo.

PALAVRAS-CHAVE

Agricultura sustentável, alterações climáticas, medidas de adaptação, projeções climáticas, Vale do Côa.

ABSTRACT

In the Côa Valley region, a UNESCO World Heritage Site, vineyards and olive groves cover about 10% of the area, pastures 2%. Other crops of high interest include almond (1%) and chestnut (1%) trees. This strong diversity of agricultural crops is provided by the region's edaphoclimatic conditions. However, agriculture is highly vulnerable to climate change. In the past century, temperatures in Europe have increased, while precipitation and water availability have decreased, especially in southern Europe. For the future, projections indicate significant warming and increased aridity in the Côa Valley, which could threaten the sustainability of agriculture. On the other hand, these potential changes could present an opportunity to develop sustainable adaptation measures to mitigate the climatic impacts on the regional and national economy. The CoaClimateRisk project aimed to assess the impacts of climate change on agricultural crops in the Côa Valley using regional climate models

and greenhouse gas emission scenarios to create high-quality climate projections up to 2100. Various methodologies were applied, including bioclimatic zoning of crops, revealing the current and future suitability of regions for species. Adaptation measures, such as irrigation and variety selection, were simulated to determine crop responses to climate change and water availability in the watershed. These studies involved collaboration with project partners, UTAD, ADVID, SOGRAPE, CôaParque Foundation, University of Minho, and international consultants, who aligned with European Union policies. Thus, this project contributed to determining the impacts of climate change and promoting the development of adaptation and mitigation measures for climate risks, both in the short and long term.

KEYWORDS

Adaptation measures, climate change, climate projections, Côa Valley, Climate projections, sustainable agriculture.



1 INTRODUÇÃO

A região do Vale do Côa, situada a nordeste de Portugal, é conhecida pelos seus recursos naturais, pelas gravuras rupestres, e pela beleza do vale do rio Côa. O sustento da população local está intrinsecamente ligado à agricultura tradicional. Assim, a região é envolvida por extensos olivais, vinhas, amendoais, entre outras espécies, que enaltecem a beleza da região a cada estação. No vale dos rios Côa e Douro, no início da primavera, as amendoeiras florescem e a verdura das pastagens cresce a olhos vistos. Durante o verão, as árvores vão investindo no crescimento dos frutos. No final do verão e início de outono, as primeiras uvas e amêndoas são colhidas. Já em pleno outono, as vinhas cobrem-se com folhas de tons avermelhados e as castanhas são colhidas. Na última estação do ano, o inverno, as pessoas reúnem-se para a colheita das azeitonas.

Esta região destaca-se pelo reconhecimento nacional e mundial. É constituinte da Região Demarcada do Douro e é Património Mundial da Humanidade – UNESCO (CoaParque, 2022). A 2 de dezembro de 1998, foi distinguida pela UNESCO dada a expressividade da arte rupestre manifestada ao longo do rio Côa, um marco na história da Arte Rupestre, da Arqueologia e do Pa-

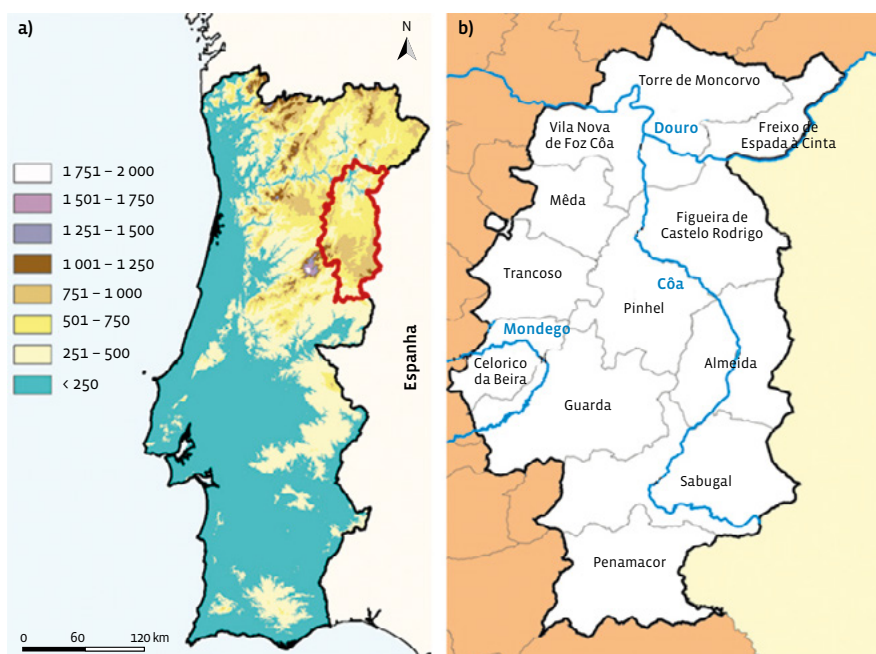


FIGURA 1 Localização da região do Côa em Portugal (a), localização dos municípios e rios principais que compõem a região do Côa (b).



FIGURA 2 Vale do Rio Côa (Créditos: Helder Fraga).

Património Cultural em Portugal. Efetivamente, desde o Paleolítico Superior o ser humano tem registado as suas vivências, como é comprovado pelas gravuras encontradas nas rochas de xisto, que delimitam o leito do rio. A descoberta pública da arte rupestre na região ocorreu em 1994, pelo arqueólogo Nelson Rebanda, durante a construção da barragem do Côa (CoaParque, 2022). No entanto, os habitantes da região já conheciam a existência dessas figuras, mas não conheciam a sua antiguidade. Como resultado, a construção da barragem foi cancelada, o que permitiu a preservação da arte rupestre do vale do Côa. Em 1996, o governo português criou o Parque Arqueológico do Vale do Côa, para proteger e preservar essas manifestações artísticas. A classificação como Património Mundial pela UNESCO, em 2 de dezembro de 1998, foi um marco na história da Arte Rupestre, da Arqueologia e do Património Cultural em Portugal.



A classificação como Património Mundial pela UNESCO, em 2 de dezembro de 1998, foi um marco na história da Arte Rupestre, da Arqueologia e do Património Cultural em Portugal.”

2 CARACTERIZAÇÃO PEDO-CLIMÁTICA

A região do Côa é caracterizada por um clima temperado do subtipo mediterrânico, com invernos frios, e verões quentes e secos. Está dividida por dois microclimas distintos, a norte a região é mais quente e seca, e a sul é mais húmida e fria. A temperatura média anual varia entre 12°C a 15°C e a precipitação acumulada anual encontra-se compreendida entre os 500 e os 600 mm (Herrera et al., 2019). Os invernos são geralmente frios, com temperaturas médias que alternam entre 0°C e 10°C. As chuvas são mais frequentes durante esta estação. Os verões são geralmente quentes, com temperaturas médias que variam entre 25°C e 35°C. A precipitação é menor durante esta estação, e os dias quentes e secos podem levar a condições de seca. A primavera e o outono são estações intermediárias, com temperaturas médias mais amenas e precipitação moderada. O relevo acentuado do vale do Côa, também tem elevada influência no microclima da região, condicionando o tipo de vegetação aí existente.

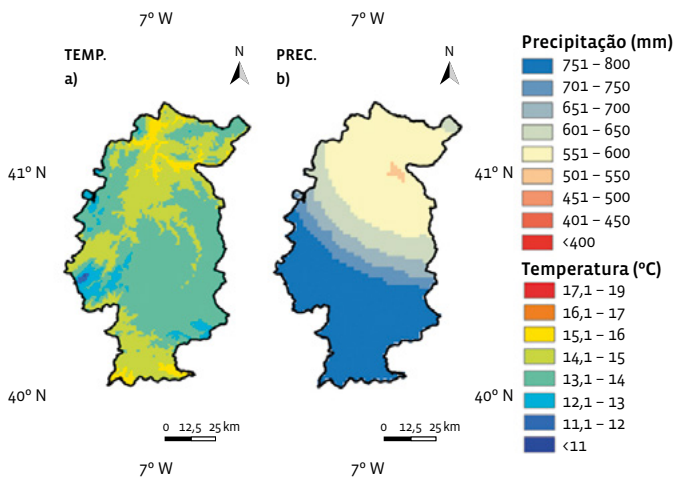


FIGURA 3 Temperatura média anual (a), precipitação acumulada anual (b). Calculadas a partir da base de dados Iberia01 (Herrera et al., 2019).

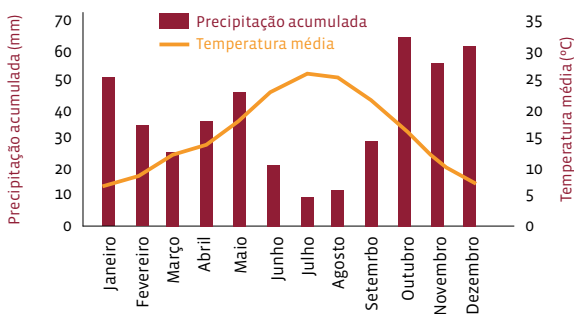


FIGURA 4 Diagrama ombrotérmico médio da região do Côa.



Os solos contribuem para definir as características peculiares da região, que é constituída maioritariamente por solos graníticos e xistosos (LNEC, 2010). Além disso, os solos de rocha metamórfica e granítica podem ser encontrados nas margens do rio. Os solos argilosos aparecem numa distribuição reduzida, tal com os quartzitos. Os solos do rio Côa são maioritariamente sedimentares (fluviais e aluviais).



FIGURA 5 Carta geológica da região do Côa (tipo de rocha).

A hidrografia da região do Côa é distinguida pelo principal curso de água, o rio Côa. O rio nasce no Sabugal, mais especificamente na serra das Mesas, e desagua no rio Douro. A bacia hidrográfica do rio Côa tem cerca de 2.850 km² e é formada por vários afluentes menores. Ao longo do seu curso, o rio forma um vale profundo e característico, com encostas íngremes, devido à ação erosiva, que ocorre ao longo do tempo.

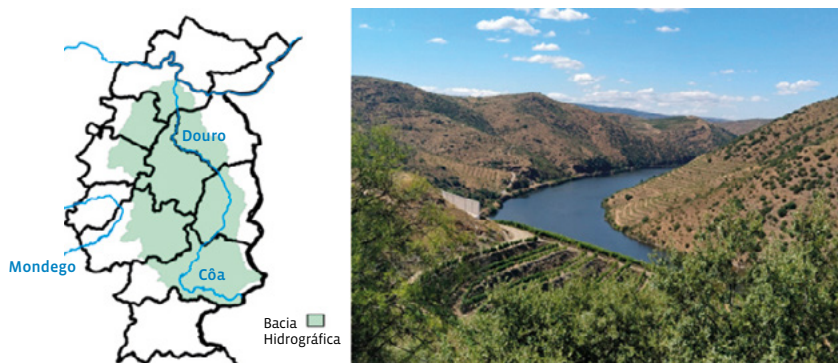


FIGURA 6 Bacia hidrográfica da região do Côa (esquerda). Rio Côa (direita) (Créditos: Nathalie Guimarães).

3 AGRICULTURA

A região do Côa tem fortes ligações ao setor agrário, com tradições centenárias. Nesta região, a agricultura tem uma forte importância económica, social e cultural, contribuindo para o produto interno bruto regional e para o sustento dos seus habitantes. A vinha e o olival representam mais de 10% da área total de ocupação do solo. Os mercados do vinho e do azeite são uma fonte de rendimento para a maioria dos habitantes. Além disso, parte da região do Côa está inserida na Região Demarcada do Douro (mais concretamente na sub-região do Douro Superior), uma conceituada DOP (Denominação de Origem Protegida) e uma marca de vinho reconhecida mundialmente. Outras culturas, como a amendoeira, o castanheiro e os pastos fazem também parte da subsistência agronómica desta região, embora, em menor escala.

A amendoeira representa cerca de 1% da área cultivada da região, com destaque em Vila Nova de Foz Côa, considerada a Capital da Amendoeira em Flor. Este reconhecimento contribui para o setor do turismo da região. O castanheiro, cerca de 1% da área total, é destacado pela qualidade das castanhas aqui produzidas. A região é igualmente propícia para a produção de forragem. Nesse sentido, as pastagens, que ocupam quase 10% da área total, são fundamentais para a sustentabilidade da região, como alimento dos ovinos e bovinos.

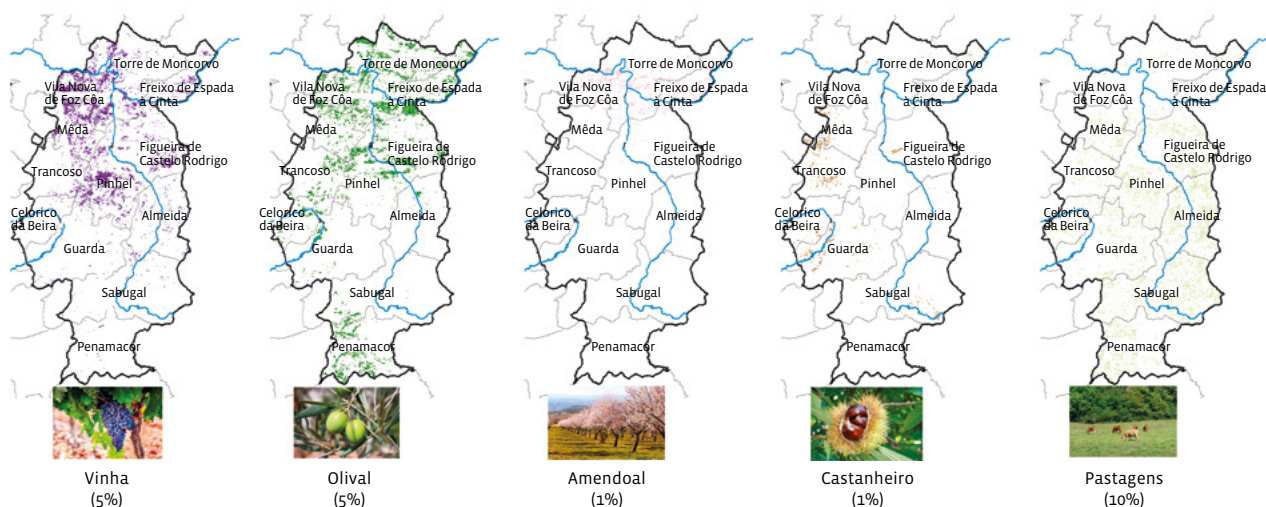


FIGURA 7 Principais culturas agrícolas na região do Côa, de acordo com a base de dados “Carta de Ocupação e Uso do Solo” (COS, 2018).

4 O PROJETO COACLIMATERISK



O projeto científico CoaClimateRisk, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, foi desenvolvido com o intuito de avaliar os impactos das alterações climáticas, sobre as principais culturas agrícolas na região do Côa. Liderado pelo Doutor Hélder Fraga, o projeto era composto por uma equipa multidisciplinar e apoiado por parceiros de várias instituições nacionais e internacionais. A Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) – Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB) era a instituição líder e base do projeto. A ADVID (Associação Desenvolvimento Da Viticultura Duriense) e a SOGRAPE Vinhos S.A. destacaram-se como os parceiros do setor agroalimentar. A Fundação CôaParque, que visa valorizar o património natural da região do Côa, era um parceiro estratégico e de grande relevância territorial. A Universidade do Minho (UM) constituía um parceiro académico especializado em estudos socioeconómicos. O consórcio ficou completo com dois consultores internacionais (Unifi – Itália e LIST – Luxemburgo), que auxiliaram nas tomadas de decisão. Este projeto foi elaborado de acordo com as políticas da UE, para promover medidas sustentáveis para minimizar os impactos negativos das alterações climáticas nas principais atividades socioeconómicas.

As culturas agrícolas têm um elevado interesse para a região do Côa e o clima tem vindo a apresentar alterações nos padrões de temperatura e precipitação. Efetivamente, ao longo do último século, as temperaturas têm vindo a aumentar, enquanto a precipitação e a disponibilidade hídrica têm diminuído (IPCC, 2014). Ainda, os verões quentes e secos têm limitado a sustentabilidade das culturas agrícolas, principalmente devido à escassez de água, aumentando a vulnerabilidade das espécies (Fraga et al., 2016). De acordo com as projeções climáticas, é expectável um aquecimento significativo e um aumento da aridez para as próximas décadas (Fraga et al., 2021). Desta forma, as alterações climáticas representam uma possível ameaça para o setor agrícola, sendo fundamental estudar as causas e consequências das alterações climáticas e tentar antecipar as dinâmicas do clima no futuro, no sentido de se desenvolver medidas de adaptação úteis para o setor (Fraga et al., 2020b). A implementação destas medidas tem como objetivo mitigar significativamente os impactos da mudança climática sobre essas culturas e sobre a economia regional/nacional.

Para estudar os padrões climáticos, o projeto avaliou vários Modelos Climáticos Regionais (RCMs), forçados por cenários de emissão de gases de efeito estufa recém desenvolvidos e que são a base de construção das projeções climáticas de alta qualidade. Estas projeções climáticas são úteis para di-

versas análises, entre as quais a zonagem bioclimática de alta resolução das principais culturas na região, em climas atuais e futuros (até 2100). A técnica de zonagem bioclimática possibilita a observação da distribuição das espécies vegetais no período presente e no futuro. Foram, também, utilizados modelos dinâmicos de culturas para avaliar os impactos das alterações climáticas na produtividade potencial das culturas (e possivelmente noutros parâmetros) à escala local. Realizou-se ainda um estudo complementar, que permitiu analisar as atividades económicas que contribuíram para o PIB regional e definir os indicadores diretos e indiretos da influência do clima (i.e., volumes de vendas e níveis de custo). Assim, o CoaClimateRisk foi estruturado para apresentar macrocenários regionais socioeconómicos, que representem a exposição às mudanças climáticas das diversas atividades socioeconómicas. O plano do projeto foi realizado de acordo com as nove tarefas previamente delineadas. As Tarefas 1 e 2 foram definidas para a elaboração da base de dados climática. Para a análise das alterações climáticas e dos seus possíveis impactes nas culturas agrícolas, foram estabelecidas as tarefas 3, 4 e 5. A Tarefa 6 foi direcionada para o impacte das alterações no sistema hidrológico, a tarefa 7 na determinação dos impactes económicos. Posteriormente, a tarefa 8 foi proposta para determinar as medidas de adaptação e mitigação face aos impactes detetados nas tarefas anteriores. Por último, pretendeu-se disseminar os resultados obtidos.

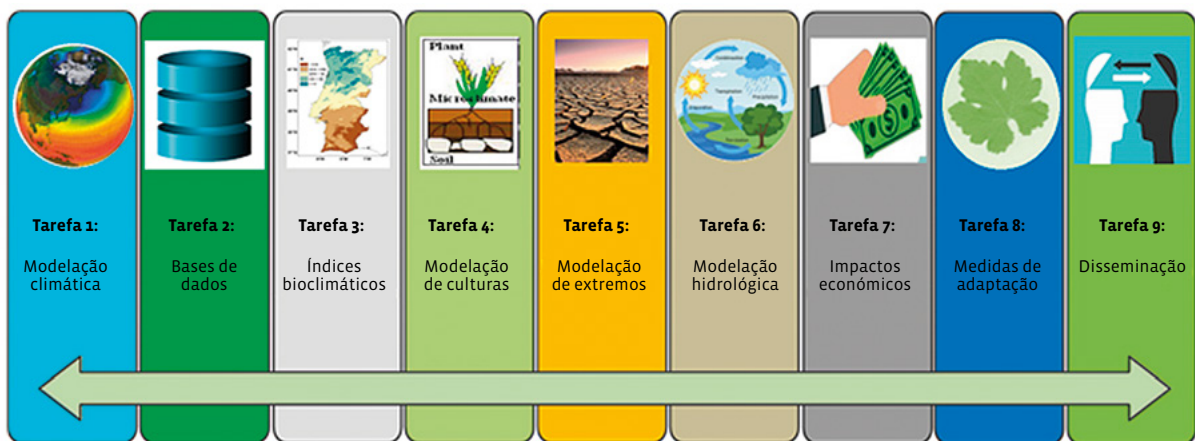


FIGURA 8 Tarefas do projeto CoaClimateRisk.



5 CENÁRIOS FUTUROS

As alterações climáticas são uma das maiores ameaças ambientais, sociais e económicas da atualidade. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022) diz que o aquecimento global é evidente. Observações históricas confirmam o aumento da temperatura global do planeta, que leva ao derretimento da neve e do gelo e, por consequência, ao aumento do nível do mar. A causa deste aquecimento global pode estar associada ao aumento da concentração dos gases de efeito estufa, causados pelas atividades humanas.

Nos últimos 150 anos, a temperatura média mundial aumentou quase 0,8°C, e na Europa cerca de 1°C. Os últimos anos foram os mais quentes registados desde o momento em que a temperatura da superfície da Terra começou a ser medida instrumentalmente (desde 1850). O IPCC desenvolveu um conjunto de cenários futuros, denominados os RCP (*“Representative Concentration Pathways”*) ou os mais recentes SSP (*“Shared Socioeconomic Pathways”*). Estes cenários, com maior ou menor probabilidade de ocorrência, vão desde impactos menos gravosos (RCP2.6), impactos moderados (RCP4.5) até impactos mais severos (RCP8.5). No RCP4.5, assume-se que as emissões de CO² aumentarão até meio do século XXI, diminuindo posteriormente, enquanto no RCP8.5 as emissões de CO² continuarão a aumentar até ao final do século (IPCC, 2013). Estes cenários indicam que se não forem tomadas medidas globais para limitar as emissões dos gases de efeito de estufa, prevê-se um aumento da temperatura média da superfície da Terra de 1,8°C a 4°C, até 2100. Além desse limite, podem ocorrer mudanças irreversíveis e catastróficas.

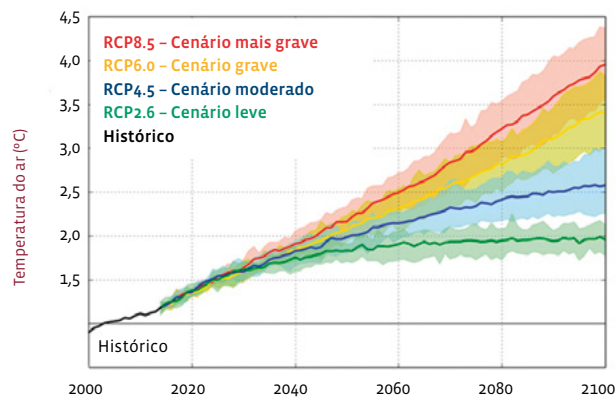


FIGURA 9 Alteração na temperatura média do planeta de acordo com os diferentes cenários futuros (IPCC, 2022).

Os efeitos das alterações climáticas já estão a ser observados por todo o globo. Para além do aumento da temperatura, eventos climáticos extremos, como ondas de calor, secas e inundações, também devem aumentar em frequência e intensidade. No caso da precipitação prevê-se uma redução dos valores. No sul da Europa, é esperado um aumento da temperatura conjugado com a diminuição da precipitação (Haylock et al., 2008). Portugal está em linha com as tendências do sul da Europa, sendo esperado um aumento significativo da temperatura e um aumento da secura, com severidades distintas dependendo do cenário futuro (Costa et al., 2017).

A região do Côa, atualmente bastante quente e seca, principalmente no Verão, deve seguir as tendências observadas. Prevê-se uma diminuição da precipitação total anual (embora esteja previsto um aumento da chuva no inverno) e um aumento da temperatura média.

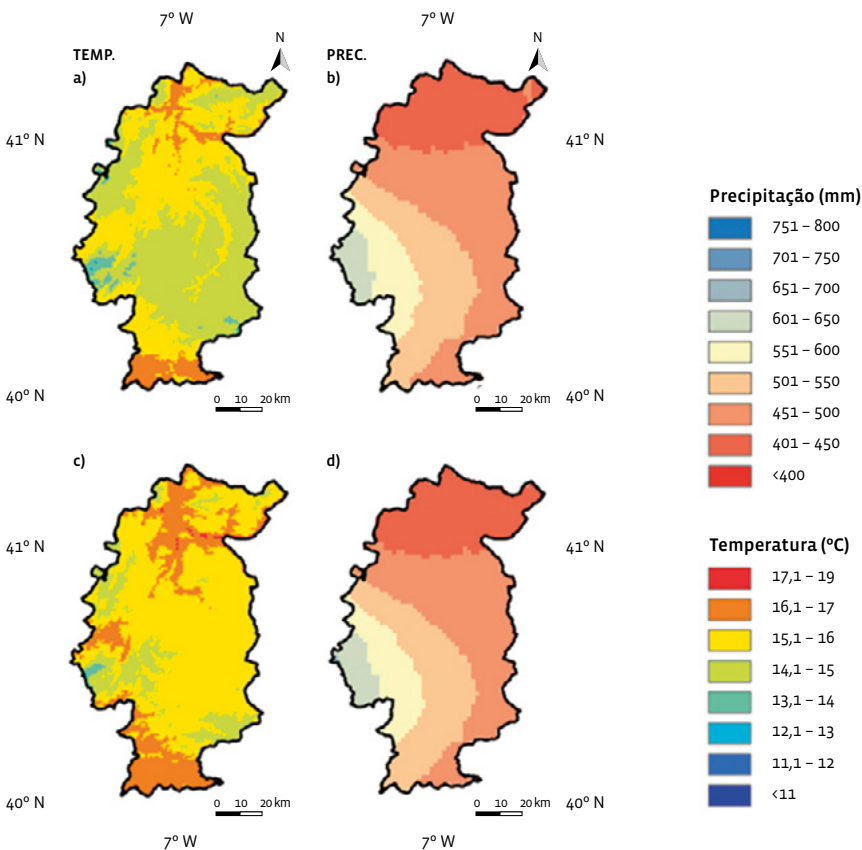


FIGURA 10 Temperatura média anual (a, c) e precipitação anual acumulada (b, d) na região do Côa para os cenários futuros: RCP4.5 (acima) e RCP8.5 (abaixo) (IPCC, 2022).

6 IMPACTO NA AGRICULTURA

No âmbito do projeto, vários estudos foram realizados de forma a avaliar os possíveis impactos das alterações climáticas nas culturas agrícolas: videira, oliveira, amendoeira, castanheiro e pastagem, na região do Vale do Côa. Nestes estudos, foram aplicadas diversas metodologias de acordo com as características de cada cultura agrícola. Em todos eles, foi comparada a evolução das alterações climáticas e os seus impactos entre o período histórico e o futuro. Realizou-se um estudo direcionado para a vinha e o olival (Fraga et al., 2022), no qual se pretendeu determinar a evolução do rendimento potencial entre o período histórico (1981–2005) e o futuro (2041–2070). Este rendimento potencial foi determinado a partir da aplicação de dois modelos matemáticos de culturas. De acordo com os resultados, no período histórico, os rendimentos potenciais apresentaram uma elevada concordância com a localização dos olivais, 1% da região correspondeu a alto rendimento, 42% moderado-alto e 57% a baixo. No futuro, é expectável que áreas de baixo e alto rendimento desapareçam, intensificando-se as áreas baixo-moderado (48%) e moderado-alto (52%). Estas variações de rendimento significam que algumas das áreas serão beneficiadas pelas alterações climáticas e outras prejudicadas, devido às condições desafiantes promovidas pelas altas temperaturas. No caso da vinha, no período histórico, 33% das áreas correspondiam ao baixo rendimento, 3% baixo-moderado, 31% moderado-alto e 33% alto. Nas condições futuras, espera-se que o rendimento alto seja nulo e que predomine o baixo (49%) e o moderado-alto (45%).

No caso da amendoeira, pretendeu-se avaliar a produção da espécie em condições climáticas futuras (2021–2080), para isso utilizou-se o modelo regional da previsão da produção. Aplicou-se o método de *stepwise, com modelos de regressão* (Freitas et al., 2023b). Os resultados indicam que os valores de produção irão estar na ordem do período histórico. No entanto, a variabilidade interanual irá aumentar ao longo do futuro e poderá estar associada à instabilidade do clima e às alterações climáticas.



O Vale do Côa apresenta atualmente aptidão para várias culturas agrícolas.”

Para o castanheiro (Freitas et al., 2022), o método de zonagem bioclimática de alta resolução foi realizado com base em vários índices bioclimáticos da espécie, incluindo um novo e inovador, o CSI – Chestnut Suitability Index. Estes índices bioclimáticos são úteis para a análise dos padrões de distribuição das espécies e para determinar a evolução da distribuição do castanheiro entre o período histórico (1989–2005) e futuro (2041–2080). De acordo com o período de referência, é expectável que as áreas com condições ótimas de crescimento para a espécie diminuam no futuro.

Para desenvolver o modelo capaz de prever a variabilidade futura das pastagens (Stolarski et al., 2023), no contexto das alterações climáticas, combinaram-se dados espectrais e climáticos. O modelo de regressão foi ajustado ao NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) das pastagens, utilizando dados do SPEI (Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index), um índice de seca que usa a precipitação e a evapotranspiração, como preditores. De acordo com os resultados, é expectável uma redução do vigor das pastagens em condições futuras, que poderá condicionar a viabilidade do alimento para os animais. No entanto, os efeitos do aquecimento devem ser menos pronunciados em ambientes mais frios. Assim, as regiões montanhosas devem manter a condição de vigor das pastagens. De um modo geral, os resultados indicaram que as alterações nos padrões climáticos dos períodos futuros terão influências, maioritariamente negativas, sobre as espécies agrícolas. Deste modo, o desenvolvimento e a implementação de medidas de adaptação e mitigação é incentivado, tanto a curto com a longo prazo.



As alterações climáticas terão maioritariamente impactos negativos nas culturas agrícolas.”



7 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO CÔA E MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO

De acordo com os resultados do CoaClimateRisk, prevê-se que as alterações climáticas tenham implicações nas culturas agrícolas e desafiem o setor agrícola da região. Embora as plantas tenham características adaptativas (i.e., sistema radicular profundo, controle estomático eficiente), não será o suficiente para as proteger dos novos contextos climáticos. As mudanças climáticas previstas para as próximas décadas e os efeitos negativos sobre as culturas, exigem a implementação de medidas de adaptação e mitigação, a curto e longo prazo. Assim, os vários estudos desenvolvidos no projeto foram nomeados na Tabela 1.

Impacto	Impactos previstos na região do Côa
Todas as culturas	<ul style="list-style-type: none"> * Aumento da temperatura média anual (Martins et al., 2021); * Diminuição da precipitação total anual (Martins et al., 2021); * Aumento da precipitação no inverno (Stolarski et al., 2023); * Diminuição da acumulação de frio necessária para o ciclo das fruteiras (Fraga and Santos, 2021); * Impacto das ondas de calor no rendimento (Fraga et al., 2020a)n; * Aumento dos episódios de secas extrema (Fonseca et al., 2023); * Aumento dos episódios de precipitação extrema (Fonseca et al., 2023); * Aumento dos episódios de calor extremo (Fonseca et al., 2023); * Diminuição da disponibilidade de recursos hídricos do rio Côa (Rodrigues et al., 2023).
Vinha	<ul style="list-style-type: none"> * Diminuição do potencial produtivo, mais severo na região do Douro Superior (Fraga et al., 2022); * Antecipação dos estados fenológicos (Leolini et al., 2020; Reis et al., 2020; Yang et al., 2023); * Maior irregularidade na maturação da uva (Clemente et al., 2022); * Algumas castas com maior potencial adaptativo, maior resistência ao stress hídrico e térmico, poderão ser mais usadas (Adão et al., 2023).
Olival	<ul style="list-style-type: none"> * Diminuição do potencial produtivo nas áreas atuais de olival (Fraga et al., 2022); * Potencial aumento da área para produção onde atualmente não existem olivais (Fraga et al., 2022); * Pode beneficiar de temperaturas mínimas mais elevadas (Fraga et al., 2022).
Amendoal	<ul style="list-style-type: none"> * Maior irregularidade na produção (Freitas et al., 2023b); * Diminuição das condições ótimas para o desenvolvimento em termos de forçamento térmico (Freitas et al., 2023a).
Castanheiro	<ul style="list-style-type: none"> * Diminuição das condições climáticas ótimas para a cultura do castanheiro (Freitas et al., 2022);
Pastagens	<ul style="list-style-type: none"> * Redução geral do vigor das pastagens no Côa (Stolarski et al., 2023); * Manutenção dos níveis de vigor nas estações mais secas devido ao aumento de precipitação projetado para o inverno (Stolarski et al., 2023).

TABELA 1 Compilação dos resultados obtidos no decorrer do projeto. Os símbolos * e * correspondem a impactos negativos e positivos, respetivamente.

De acordo com os estudos publicado no âmbito do projeto, foi identificada a necessidade de desenvolver medidas de mitigação e adaptação, a curto e longo prazo (Tubiello and Fischer, 2007), de forma a construir um planeamento estratégico de sustentabilidade para a região. Estas estratégias podem ser altamente benéficas no setor agrícola, pois podem reduzir amplamente os impactos das mudanças climáticas e da variabilidade climática na produtividade das culturas (Reidsma et al., 2010).

As medidas de adaptação de curto prazo são consideradas como a primeira estratégia de proteção contra as alterações climáticas. Estas medidas implicam maioritariamente práticas de gestão, como a implementação de sistemas de rega deficitária ou a alteração de práticas de cultivo. A viabilidade dos sistemas de rega deficitária, geralmente, é alcançada tendo em conta o potencial hídrico do solo e parâmetros fisiológicos da planta (Centeno et al., 2010; Cifre et al., 2005; Pellegrino et al., 2004; Sousa et al., 2006). Além disso, a utilização de sensores automáticos instalados no campo, estações meteorológicas automáticas ou mesmo instrumentos de deteção remota, como os veículos aéreos não tripulados ou os satélites, poderá contribuir para a gestão dos sistemas de produção das culturas e a manutenção dos sistemas de rega (Stolarski et al., 2022).

As medidas de adaptação a longo prazo incluem principalmente mudanças de variedades ou mesmo realocação das culturas, já que algumas zonas podem tornar-se excessivamente quentes e secas. A relocação das culturas para locais mais frescos e/ou altitudes mais elevadas pode ser outra medida (Jones, 2006). Também, os programas de melhoramento genético têm sido uma ferramenta no desenvolvimento de variedades mais resistentes a diferentes requisitos térmicos (White et al., 2006).

Além destas medidas de adaptação, os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) são uma ferramenta no auxílio ao combate dos efeitos negativos das alterações climáticas. No contexto do projeto CoaClimateRisk, desenvolveu-se a Plataforma Interativa Online (<http://coaclimaterisk.utad.pt>), onde os agentes do sector podem obter toda a informação sobre o impacto das alterações climáticas nas principais culturas agrícolas da região do Côa, bem como todas as publicações científicas produzidas neste contexto. Construíram-se modelos de previsão de níveis de açúcar na uva através de dados meteorológicos (Clemente et al., 2022), modelos de diferenciação de variedades de amendoeira (Guimarães et al., 2023), e ainda um estudo que compara os benefícios de combinar dados de veículos aéreos não tripulados (drones) e satélite de uma vinha (Stolarski et al., 2022).

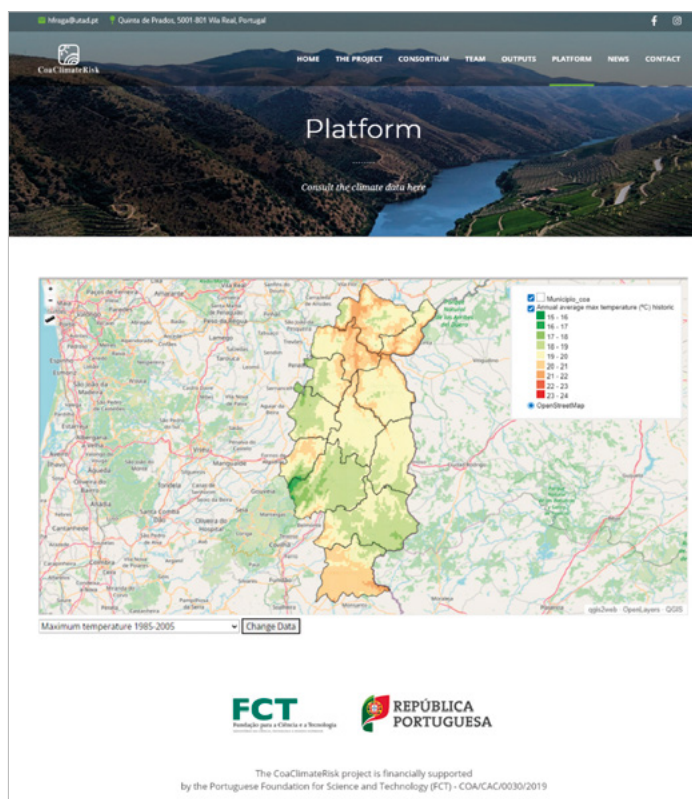


FIGURA 11 Plataforma interativa online (<http://coaclimaterisk.utad.pt>).

8 CONCLUSÕES

É evidente que as alterações climáticas, embora possam representar uma ameaça importante, também podem ser vistas como uma oportunidade para desenvolver medidas de adaptação e políticas de gestão de riscos adequadas e rentáveis. A implementação de medidas pode mitigar significativamente os impactos das alterações climáticas nestas culturas e na economia regional/nacional em geral. A agricultura na região do Côa tem uma grande importância em termos socioeconómicos e culturais e, como tal, deve ser preservada no futuro. Nesse sentido, o projeto pretendeu ser um auxílio na promoção à consciencialização desta problemática emergente e ajudar na tomada de decisões por parte dos agentes do sector. Assim, a investigação científica é um meio fundamental para a análise, compreensão, e elaboração de conhecimento sobre o clima futuro e a sua influência na agricultura e em outros setores.

AGRADECIMENTOS

O projeto “CoaClimateRisk - O impacto das alterações climáticas e medidas de adaptação para as principais culturas agrícolas na região do Vale do Côa” foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) com recurso a fundos nacionais e com a referência COA/CAC/0030/2019. Estamos gratos à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) e ao Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas UID/04033 e LA/P/0126/2020 (<https://doi.org/10.54499/LA/P/0126/2020>), por todas as condições e suporte concedidos para que pudéssemos realizar as nossas funções. Aos parceiros do projeto, AVID e a SOGRAPE Vinhos S.A. direcionamos um agradecimento especial pela partilha de dados e conhecimento. Ao longo destes 3 anos, a Fundação Côa Parque acompanhou as nossas atividades de forma incansável. Por todo o empenho na realização das tarefas, direcionamos um agradecimento sincero aos colegas da Universidade do Minho e também aos colaboradores do projeto, em especial aos bolsеiros, que ajudaram a levar o projeto a bom porto (Bolsa FCT UI/BD/150727/2020). Por último, mas não menos importante, a nossa gratidão vai para os consultores do projeto, Dr. Marco Moriondo e Dr. Daniel Molitor, pelo aconselhamento prestado durante a execução das tarefas. Somos gratos a todos aqueles que de uma forma direta ou indireta contribuíram para que este projeto se materializasse. É um orgulho disponibilizar esta obra a todos aqueles que de alguma forma se interessam pela temática e que estão abertos ao conhecimento. O PI agradece à FCT pelo projeto 2022.02317.CEECIND/CP1749/CT0002 (<https://doi.org/10.54499/2022.02317.CEECIND/CP1749/CT0002>).



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adão F *et al.* (2023). Relocation of bioclimatic suitability of Portuguese grapevine varieties under climate change scenarios. *Frontiers in Plant Science*, 14.
- Centeno A, Baeza P & Lissarrague JR (2010). Relationship between soil and plant water status in wine grapes under various water deficit regimes. *Horttechnology*, 20(3), 585-593.
- Cifre J *et al.* (2005). Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.) An open gate to improve water-use efficiency? *Agriculture Ecosystems & Environment*, 106, 159-170.
- Clemente N *et al.* (2022). Grapevine Sugar Concentration Model (GSCM): A Decision Support Tool for the Douro Superior Winemaking Region. *Agronomy*, 12(6), 1404.
- CoaParque (2022). Coaparque Foundation Website.
- COS (2018). Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) de Portugal Continental para 2018. Direção-Geral do Território.
- Costa R *et al.* (2017). Implications of future bioclimatic shifts on Portuguese forests. *Regional Environmental Change*, 17(1), 117-127.
- Fonseca A, Fraga H & Santos JA (2023). Exposure of Portuguese viticulture to weather extremes under climate change. *Climate Services*, 30, 100357.
- Fraga H *et al.* (2016). Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. *Global Change Biology*, 22(11), 3774-3788.
- Fraga H *et al.* (2022). Future scenarios for olive tree and grapevine potential yields in the World Heritage Côa Region, Portugal. *Agronomy*, 12(2), 350.
- Fraga H *et al.* (2020a). What Is the Impact of Heatwaves on European Viticulture? A Modelling Assessment. *Applied Sciences*, 10(9), 3030.
- Fraga H *et al.* (2021). Mediterranean Olive Orchards under Climate Change: A Review of Future Impacts and Adaptation Strategies. *Agronomy-Basel*, 11(1).
- Fraga H *et al.* (2020b). Climate change projections for olive yields in the Mediterranean Basin. *International Journal of Climatology*, 40, 769-781.

- Fraga H & Santos JA (2021). Assessment of Climate Change Impacts on Chilling and Forcing for the Main Fresh Fruit Regions in Portugal. *Frontiers in Plant Science*, 12.
- Freitas T *et al.* (2023a). Evaluation of historical and future thermal conditions for almond trees, in north-eastern Portugal. *Climatic Change*, 176, 89.
- Freitas TR *et al.* (2023b). Modelo regional da previsão da produção da amêndoa na região agrícola de Trás-os-Montes. *Revista de Ciências Agrárias*, 46, 11-20.
- Freitas TR *et al.* (2022). Climate Change Projections for Bioclimatic Distribution of *Castanea sativa* in Portugal. *Agronomy*, 12(5), 1137.
- Guimarães N *et al.* (2023). Almond Cultivar Identification Using Machine Learning Classifiers Applied to UAV-Based Multispectral Data. *International Journal of Remote Sensing*, 44, 1533-1555.
- Haylock MR *et al.* (2008). A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. *Journal of Geophysical Research*, 113(D20), D20119.
- Herrera S *et al.* (2019). Iberia01: a new gridded dataset of daily precipitation and temperatures over Iberia. *Earth System Science Data*, 11(4), 1947-1956.
- IPCC (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Eds. Barros VR (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2022). *Summary for Policymakers.* Eds. Pörtner HO *et al.* (Eds.). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK e Nova Iorque, EUA. pp. 3-33.
- Jones GV (2006). *Climate and Terroir: Impacts of Climate Variability and Change on Wine In Fine Wine and Terroir - The Geoscience Perspective.* Eds. Macqueen RW & Meinert LD (Eds.). Geoscience Canada, Geological Association of Canada, Newfoundland, Canada.
- Leolini L *et al.* (2020). Phenological Model Intercomparison for Estimating Grapevine Budbreak Date (*Vitis vinifera* L.) in Europe. *Applied Sciences*, 10(11), 3800.
- LNEC (2010). *Carta Geológica de Portugal.*
- Martins J *et al.* (2021). Climate Projections for Precipitation and Temperature Indicators in the Douro Wine Region: The Importance of Bias Correction. *Agronomy*, 11(5), 990.
- Pellegrino A *et al.* (2004). Relationships between plant and soil water status in vine (*Vitis vinifera* L.). *Plant and Soil*, 266, 129-142.
- Reidsma P *et al.* (2010). Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: The importance of farm level responses. *European Journal of Agronomy*, 32(1), 91-102.
- Reis S *et al.* (2020). Grapevine Phenology in Four Portuguese Wine Regions: Modeling and Predictions. *Applied Sciences*, 10(11), 3708.
- Rodrigues D *et al.* (2023). Climate Change Impacts on the Côa Basin (Portugal) and Potential Impacts on Agricultural Irrigation. *Water*, 15(15), 2739.
- Sousa TA, Oliveira MT & Pereira JM (2006). Physiological indicators of plant water status of irrigated and non-irrigated grapevines grown in a low rainfall area of Portugal. *Plant and Soil*, 282, 127-134.
- Stolarski O *et al.* (2022). Synergistic Use of Sentinel-2 and UAV Multispectral Data to Improve and Optimize Viticulture Management. *Drones*, 6(11), 366.
- Stolarski O *et al.* (2023). Climate Change Impacts on Grassland Vigour in Northern Portugal. *Land*, 12(10): 1914.
- Tubiello FN & Fischer GI (2007). Reducing climate change impacts on agriculture: Global and regional effects of mitigation, 2000-2080. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(7), 1030-1056.
- White MA *et al.* (2006). Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st century. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(30), 11217-11222.
- Yang C *et al.* (2023). Performance of seasonal forecasts for the flowering and veraison of two major Portuguese grapevine varieties. *Agricultural and Forest Meteorology*, 331, 109342.