

Avaliação da pegada hídrica na fileira vitivinícola

Guia Metodológico

Consórcio



Parceiros



Consultores



Centros de investigação



Avaliação da pegada hídrica na fileira vitivinícola - Guia Metodológico

Ed.: Margarida Oliveira, Santarém 2019

Autores:

Artur Saraiva^{1,2,3}; Ricardo Egipto^{3,4}; Pedro Presumido⁵; Célia Jorge⁶; Sílvia Parenzan⁶; Anabela Amaral⁶; António Castro Ribeiro^{5,7}; Igor Dias^{1,2,8}; Manuel Feliciano^{5,7}; Albertina Ferreira^{1,2}; Luís Ferreira^{1,2}; Artur Gonçalves^{5,7}; Anabela Grifo^{1,2}; Ana Loureiro^{2,9}; Henrique Mamede¹⁰; José Maurício¹¹; Helena Mira^{1,2}; Adelaide Oliveira^{1,2}; Pedro Oliveira e Silva⁶; Ana Paulo^{1,2}; Sofia Ramôa⁶; António Ribeiro^{1,2}; Gonçalo Rodrigues^{3,12}; José Silvestre⁴; Margarida Oliveira^{1,2,3}

¹Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Santarém, Quinta do Galinheiro, S. Pedro, 2001-904 Santarém, Portugal. ²UIIPS - Unidade de Investigação do Instituto Politécnico de Santarém, Instituto Politécnico de Santarém, 2001-902 Santarém, Portugal. ³LEAF – Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, Instituto Superior de Agronomia - Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal. ⁴Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Dois Portos, 2565-191 Torres Vedras, Portugal. ⁵Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal. ⁶Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Beja, rua Pedro Soares, 7800-309 Beja, Portugal. ⁷Centro de Investigação de Montanha (CIMO) Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal. ⁸MED – Mediterranean Institute of Agriculture, Environment and Development, Núcleo da Mitra, 7006-554 Évora, Portugal. ⁹Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Santarém, Complexo Andaluz, 2001-902 Santarém, Portugal. ¹⁰INESCTEC, Universidade Aberta, rua da Escola Politécnica, 1269-001 Lisboa, Portugal. ¹¹Instituto Politécnico de Santarém, Complexo Andaluz, 2001-902 Santarém, Portugal. ¹²Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio, Quinta da Saúde, 7801-904 Beja, Portugal.

ISBN:978-989-33-0359-7

Preâmbulo

O presente guia metodológico é o resultado de três anos de investigação no âmbito do projeto WineWATERFootprint cujo objetivo visou a caracterização das diferentes componentes da pegada hídrica (verde, azul e cinzenta) na vinha e na adega.

A escassez de água decorrente das alterações climáticas e da gestão ineficiente dos recursos disponíveis tem motivado preocupações junto do sector vitivinícola, dada a forte influência que tem na produtividade da vinha e qualidade do vinho. A adoção de práticas sustentáveis, visando uma maior eficiência no uso dos recursos naturais e, conseqüentemente, menor custo de produção, constitui hoje um objetivo para os vitivinicultores.

A pegada hídrica é um indicador relativo ao uso direto e indireto da água, associado a um produto, um processo ou uma atividade. Portanto, a pegada hídrica de um produto é o volume de água doce usada para produzir o produto, ao longo de toda a cadeia produtiva. Dentro deste indicador, existem três tipologias de água: água azul, água verde e água cinzenta (Hoekstra *et al.*, 2011) cuja determinação é apresentada neste guia.



Índice

Preâmbulo	3
Projeto WineWATERFootPrint	6
Pegada Hídrica	8
3.1 Pegada Hídrica na Vinha	10
3.2 Pegada Hídrica na Adega	17
Sustentabilidade da Pegada Hídrica	22
Melhores Técnicas Disponíveis	29
Aplicação Computacional	32
Bibliografia	35
Anexos	36
ArcGIS - Como obter o NDVI a partir das imagens do satélite Sentinel 2	37



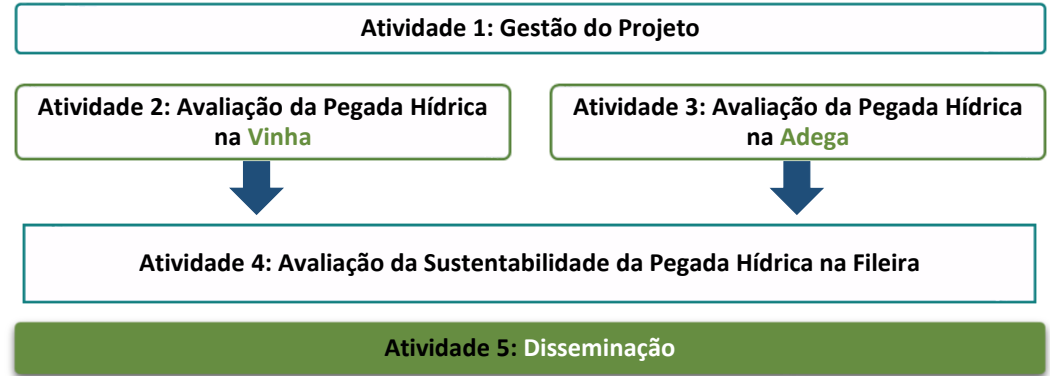


O projeto WineWATERFootprint pretendeu avaliar a pegada hídrica na fileira vitivinícola, através do desenvolvimento de uma metodologia aplicada a estudos de caso, no nível C de resolução espaço-temporal, entre 2017 e 2019. Este trabalho englobou duas regiões vitivinícolas (Lezírias do Tejo e Alentejo) com diferentes condições edafo-climáticas. As condições de fronteira definidas englobam a vinha e a adega, não considerando por isso a água associada ao transporte, produção de garrafas, etc. A metodologia seguida para a determinação da pegada hídrica foi a proposta por Hoeskstra *et al.* (2011).

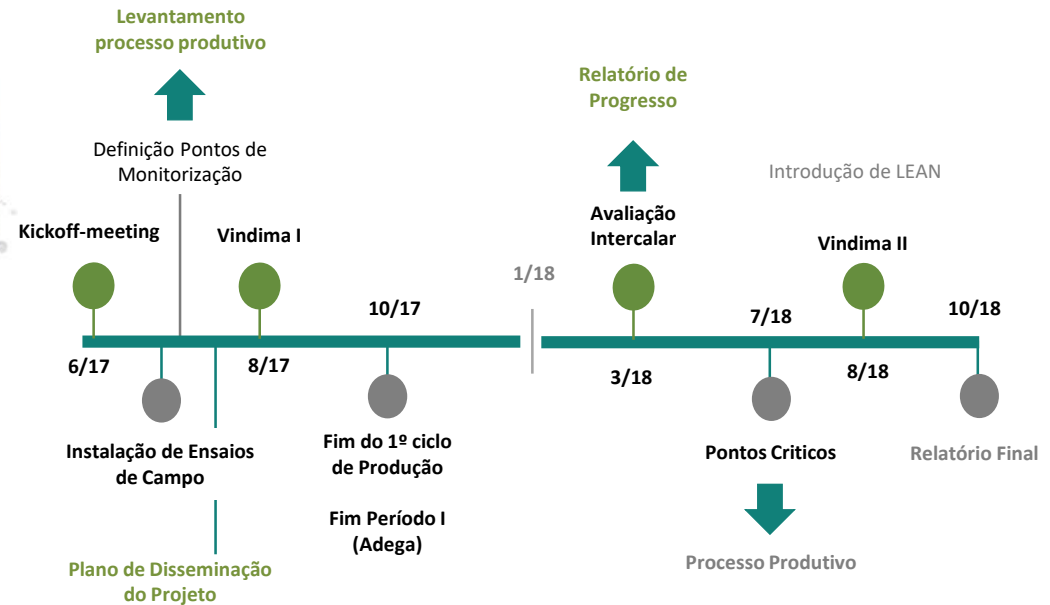


<https://ipsantarem.wixsite.com/winewaterfootprint>

Atividades do projeto



Cronograma





Pegada Hídrica





Pegada Hídrica Verde

Quantidade de **água proveniente da precipitação** que é armazenada no solo e posteriormente evaporada, transpirada ou incorporada nas plantas.



Pegada Hídrica Azul

Quantidade de **água superficial ou subterrânea** que é evaporada, transpirada, incorporada ou captada num corpo de água e devolvida a outro.



Pegada Hídrica Cinzenta

Quantidade de **água** que é necessária para **assimilar os poluentes** de modo a cumprir as normas de qualidade da água.



A metodologia de cálculo da pegada hídrica utilizando o método volumétrico, comum à maior parte dos estudos realizados sobre o tema (Hastings & Pegram, 2012), encontra-se descrita em *The water footprint assessment manual* (Hoekstra *et al.*, 2011):

<https://waterfootprint.org/en/resources/publications/water-footprint-assessment-manual/>

A pegada hídrica total (PH) é calculada pela Equação 1, que corresponde à soma das três componentes da pegada hídrica, expressas em $L_{\text{água}}/L_{\text{vinho}}$, ou $L_{\text{água}}/Garrafa_{0,75L}$:

$$PH = PH_{\text{verde}} + PH_{\text{azul}} + PH_{\text{cinzenta}} \quad (\text{Equação 1})$$

Pegada Hídrica na Vinha

A sustentabilidade ambiental do regadio exige a adoção de medidas de gestão da água com níveis de eficiência crescentes. Face à maior escassez de água um dos possíveis caminhos é reduzir o seu uso consumptivo, o que pressupõe diminuir a relação entre a evapotranspiração e a produção da cultura (Chukalla *et al.*, 2015), ou aumentar o seu inverso, a produtividade da água (Amarasinghe & Smakhtin, 2014; Molden *et al.*, 2010). Condições climáticas desfavoráveis, com elevada procura evaporativa da atmosfera, originam maiores necessidades de água por unidade de massa de produto (Mekonnen & Hoekstra, 2011) contribuindo para uma pegada hídrica mais elevada.



Estimativa das Componentes Verde e Azul da Pegada Hídrica da Cultura na Vinha

Os cálculos realizados para a estimativa da pegada hídrica verde e azul (PH_{verde} , PH_{azul} / L.L⁻¹) na cultura da vinha, podem ser sintetizados através das equações 2 e 3:

$$PH_{verde} = \frac{ET_{verde}}{Prod} \quad (\text{Equação 2})$$

$$PH_{azul} = \frac{ET_{azul}}{Prod} \quad (\text{Equação 3})$$

com a ET_{verde} e ET_{azul} em L.ha⁻¹.ano⁻¹ e Produção de vinho ($Prod$) em L.ha⁻¹.ano⁻¹.

Para estimativa da ET_{verde} e ET_{azul} utilizou-se a metodologia expressa pelas equações 4 e 5:

$$ET_{azul} = \sum DTR \quad (\text{Equação 4})$$

$$ET_{verde} = ET_{c\ adj} - ET_{azul} \quad (\text{Equação 5})$$

em que ET_{verde} representa o consumo total de água da chuva, ET_{azul} o consumo total de água de rega, DTR a dotação total de rega e $Et_{c\ adj}$ a evapotranspiração sob condições reais, com os fluxos expressos em mm.

Para estimar a evapotranspiração de uma cultura utilizam-se geralmente as metodologias descritas em [FAO Irrigation and Drainage Paper nº 56](#) (Allen *et al.*, 1998).



A Evapotranspiração Cultural (ET_c) - ET máxima da cultura em análise, em condições ótimas de desenvolvimento (condições de conforto hídrico, sem restrições nutritivas, livre de pragas e doenças, etc.) - é calculada pela equação 6:

$$ET_c = K_c \cdot ET_0 = (K_{cb} + K_e) \cdot ET_0 \quad (\text{Equação 6})$$

em que (K_c) corresponde ao coeficiente cultural único ou médio. Em alternativa pode utilizar-se o coeficiente cultural basal (K_{cb}) e o coeficiente de evaporação do solo (K_e), representando ET_0 a Evapotranspiração de Referência, obtida pelo método de Penman–Monteith.

Nos casos em que são aplicadas estratégias de rega deficitária, a evapotranspiração sob condições reais ou atual ($ET_{c\,adj}$) é calculada com base no valor do coeficiente de stress (K_s) que varia entre 0 e 1 (ausência de stress) (equações 7 e 8):

$$ET_{c\,adj} = K_s \cdot ET_c = K_s \cdot K_c \cdot ET_0 \quad \text{ou,} \quad (\text{Equação 7})$$

$$ET_{c\,adj} = K_s \cdot (K_{cb} + K_e) \cdot ET_0 \quad (\text{Equação 8})$$

Esta abordagem necessita de uma estimativa adequada dos coeficientes culturais (ver quadro 1) que, muito dependentes da cultivar, das práticas agronómicas e do clima, deverão ser adaptados às condições locais (Campos *et al.*, 2010).



Estimativa das Componentes Verde e Azul da Pegada Hídrica da Cultura na Vinha

A Evaporação a partir do solo (K_e) foi estimada com o auxílio do modelo SIMDualKc (Rosa *et al.*, 2012).

O modelo SIMDualKc foi desenvolvido para o cálculo da evapotranspiração cultural (ET_c) e a calendarização da rega de acordo com a metodologia dos coeficientes culturais duais ($K_{cb} + K_e$), portanto com separação entre a transpiração das culturas (K_{cb}) e a evaporação a partir do solo (K_e). O objetivo principal do modelo SIMDualKc é desenvolver opções para a calendarização da rega, nomeadamente para culturas com cobertura parcial do solo, especialmente hortícolas e pomares, e/ou para sistemas com regas de alta frequência, como é o caso da microrrega. O SIMDualKc efetua o balanço hídrico do solo ao nível da parcela, utilizando um passo de tempo diário e oferecendo diferentes aproximações para estimar a percolação profunda, a ascensão capilar e o escoamento superficial. Tem ainda a particularidade de permitir simular a utilização de *mulches* e de coberturas vegetais ativas.



A quantidade de água verde e azul incorporada nas uvas é calculada a partir do valor médio do teor de água na produção, à colheita, assumindo uma distribuição entre as duas componentes idêntica à relação entre a água verde e azul consumida pela cultura ao longo do ciclo (Hoekstra *et al.*, 2011). A estimativa da fração de água na produção baseia-se nos valores médios dos teores de água dos diferentes constituintes do cacho e no respetivo peso relativo (Flanzy, 1998).

Quadro 1. Avaliação da pegada hídrica verde e azul na cultura da vinha - metodologias para estimativa das diferentes variáveis:

	Metodologia	Origem dos Dados	Referência
Evapotranspiração de referência (ET ₀)	Equação de Penman–Monteith Equação de Hargreaves	Estação Meteorológica - dados meteo	Allen <i>et al.</i> (1998)
Coeficiente cultural (K _c ou K _{cb})	Valores standard de K _c	Bibliografia	Allen <i>et al.</i> (1998)
	$K_{cb} = 1.44 \cdot NDVI - 0.10$	Imagens de Satélite (exp. Sentinel-2) - NDVI (normalized difference vegetation index)	Campos <i>et al.</i> (2010)
	$K_{cb} = 0.319 \cdot LAI - 0.001$ $K_{cb} = 0.019 \cdot GC + 0,076$	Índice de área Foliar (LAI) ou grau de cobertura do solo (GC / %)	Ferreira <i>et al.</i> (2012)
Coeficiente de stress (K _s)	$K_s = 2.3767 \cdot e^{0.874 \cdot PLWP}$	Potencial hídrico foliar de base (PLWP / MPa)	Blanco-Cipollone <i>et al.</i> (2017)
Coeficiente de evaporação do solo (K _e)	simulação	Modelo SIMDualKc	Rosa <i>et al.</i> (2012)
Evapotranspiração azul (ET _{azul})	$\sum DTR = \frac{Vol. de \acute{a}gua \text{ acumulado } (m^3)}{C \cdot DE (m^2)} \cdot 10000$	Medidores de caudal instalados nas rampas com emissores (DTR)	
Produção média da vinha (Prod)	$Prod = \frac{Produção \text{ Videiras } (kg)}{DL \cdot DE (m^2)} \cdot 10 \cdot FV$ Produção média da parcela (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Avaliação por amostragem da produção em videiras selecionadas aleatoriamente (kg.ha ⁻¹) e FV - fator de vinificação (L.kg ⁻¹)	

Nota: C = comprimento da rampa com emissores; DE = distância entre linhas; DL = distância na linha



Estimativa da Componente Cinzenta da Pegada Hídrica na Cultura da Vinha

A componente cinzenta da pegada hídrica ($PH_{cinzenta}$) na vinha foi estimada a partir da quantidade total de fertilizantes ou produtos fitofarmacêuticos aplicada à cultura (Q), considerando apenas o mais crítico, ao qual está associada a maior pegada hídrica, através da equação 9:

$$PH_{cinzenta} = \frac{(\alpha \cdot Q)}{\frac{(C_{max} - C_{nat})}{Prod}} \quad (\text{Equação 9})$$

com α a representar a fração lixiviada, Q em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, C_{max} (concentração máxima admissível) e C_{nat} (concentração natural) em $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ do produto nas águas doces superficiais e subterrâneas e $Prod$ (produção) em $\text{L} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Na ausência de dados analíticos que permitam quantificar os impactos dos diferentes produtos aplicados na cultura da vinha, considerou-se que o poluente mais crítico é o azoto (N) (Hoekstra *et al.*, 2011).

O cálculo da pegada hídrica cinzenta, baseou-se na:

- quantidade total de azoto (N) aplicada à cultura, assumindo uma taxa de lixiviação de 10 % (Chapagain *et al.*, 2006);
- concentração máxima admissível de NO_3 na água doce de 50 mg.L^{-1} (11 mg.L^{-1} , quando expressa em N), de acordo com o Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de setembro;
- concentração natural de azoto nas águas doces superficiais e subterrâneas, assumindo que seria igual a zero (Hoekstra *et al.*, 2011).



Pegada Hídrica na Adega

A determinação da pegada hídrica na adega está subordinada às suas componentes: azul e cinzenta

A pegada hídrica azul é determinada através do cálculo da quantidade de água evaporada mensalmente na Adega, sendo que esta provém da evaporação que ocorre naturalmente no sistema de tratamento existente.

A pegada hídrica cinzenta é determinada através da monitorização qualitativa e quantitativa do efluente produzido. Atendendo a que não existe incorporação de água na produção do vinho, o efluente produzido corresponde à água consumida devendo, por isso, ser monitorizada com recurso à instalação de um contador à entrada da adega.



A pegada hídrica azul (PH_{azul}) é definida como a água superficial ou subterrânea que é evaporada, incorporada no produto ou captada num corpo de água e devolvida a outro, de acordo com a equação 10:

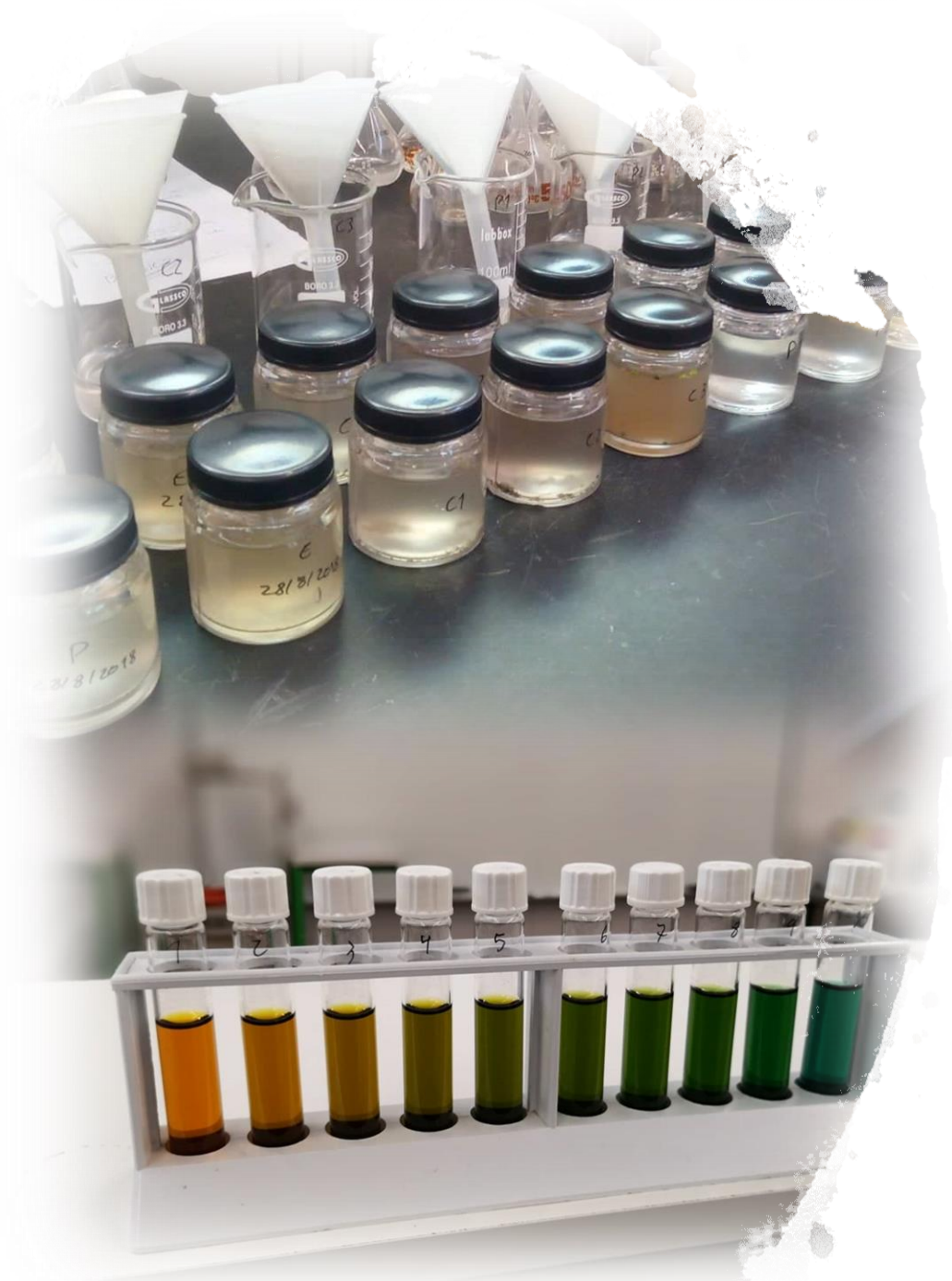
$$PH_{azul} = \frac{\text{Água}_{Evaporada} + \text{Água}_{Incorporada} + \text{Perda}_{Vazão de retorno}}{Prod} \quad (\text{Equação 10})$$

Na produção de vinho na adega, o único componente a considerar para a pegada hídrica diz respeito à evaporação verificada nos sistemas de tratamento de águas residuais das adegas, não se verificando incorporação de água ou transferência entre corpos de água, traduzindo-se na equação simplificada (equação 11):

$$PH_{azul} = \frac{\text{Água}_{Evaporada}}{Prod} \quad (\text{Equação 11})$$

Para a determinação desta componente da pegada hídrica são utilizados os valores de evapotranspiração de referência e a área superficial dos sistemas de tratamento.





A avaliação da pegada hídrica cinzenta (PH_{cinzenta}) deve ser realizada através da monitorização e caracterização do fluxo de efluente da Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais (ETARI) instalada, que procede ao tratamento do efluente gerado na adega. Esta monitorização deve englobar determinações *in situ* complementadas por análises em laboratório.

A pegada hídrica cinzenta consiste na quantidade de água que é necessária para assimilar os poluentes de modo a cumprir as normas de qualidade da água (equação 12):

$$PH_{\text{cinzenta}} = \frac{L}{\frac{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}}{\text{Prod}}} \quad (\text{Equação 12})$$

Onde L é a carga do efluente expressa em $\text{g}\cdot\text{ano}^{-1}$ de CQO (ou outro); C_{max} é a concentração máxima expressa em $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; C_{nat} é a concentração no meio recetor natural em $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ e Prod a produção de vinho em $\text{L}\cdot\text{ano}^{-1}$.

A periodicidade de monitorização *in situ* e a recolha de amostras para determinação de parâmetros relevantes em laboratório varia de acordo com a etapa produtiva e é recomendada a seguinte calendarização:

- a) **Vindima:** uma vez por semana;
- b) **Restante período:** mensal

A determinação de parâmetros relevantes em laboratório deve ser feita de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* ou método acreditado para a sua determinação (APHA, 2006).





HERDEZINHA
PAÇO DO
CONDE

LABORATÓRIO

Os parâmetros para caracterização da água residual produzida devem ser acompanhados à saída do sistema de tratamento e estão sumarizados no Quadro 2.

Quadro 2. Parâmetros analíticos necessários para determinar a pegada hídrica cinzenta

Parâmetro	Determinação in situ	Determinação em laboratório
pH	✓	✓
Condutividade	✓	✓
Temperatura	✓	
Oxigênio Dissolvido	✓	
Potencial Redox	✓	
Sólidos Suspensos Totais		✓
Carência Química de Oxigênio – CQO		✓
Carência Biológica de Oxigênio – CBO		✓
Compostos Fenólicos		✓
Azoto total		✓
Fósforo		✓

A pegada hídrica cinzenta deve ser contabilizada apenas quando existe descarga no meio recetor natural.

Sustentabilidade da Pegada Hídrica

A baixa disponibilidade de água doce em muitas regiões do globo está a desafiar cada vez mais as empresas do setor agroalimentar, incluindo o setor vitivinícola, uma vez que pode representar um risco físico para o negócio. Além disso, os consumidores estão cada vez mais conscientes do uso insustentável da água, de tal forma que as organizações do setor têm também de se preocupar com a sua reputação.

A pegada hídrica tem vindo a ser utilizada como um dos importantes indicadores de sustentabilidade, na medida em que se acredita que possa guiar a política de uso sustentável de água doce.

Atualmente existem duas principais metodologias para a avaliação da pegada hídrica: a definida pelo Water Footprint Network (Hoekstra *et al.*, 2011) e a estabelecida na Norma Internacional ISO 14046:2014. Neste trabalho optou-se por comparar os resultados obtidos pelas duas metodologias adicionando-se, por isso, o cálculo da pegada hídrica segundo a norma internacional ISO 14046. A estrutura da ISO 14046 assenta na avaliação do ciclo de vida e na modelação de mecanismos ambientais (sistemas de processos biológicos, físicos ou químicos), que permitem a identificação e quantificação de impactes ao longo de todas as etapas do ciclo de vida do produto (vinho).



Metodologia Geral

A metodologia aplicada está organizada num conjunto de etapas interativas (Fig. 1), cujo desenvolvimento requer uma série de ações, sendo as principais:

- Definição da Fronteira do Sistema
- Seleção da Unidade Funcional
- Inventário de ACV/Recolha de informação
- Avaliação dos impactes
- Interpretação e comunicação dos resultados

O estudo foi facilitado pelo recurso ao software GaBi 9.2 da Thinkstep.

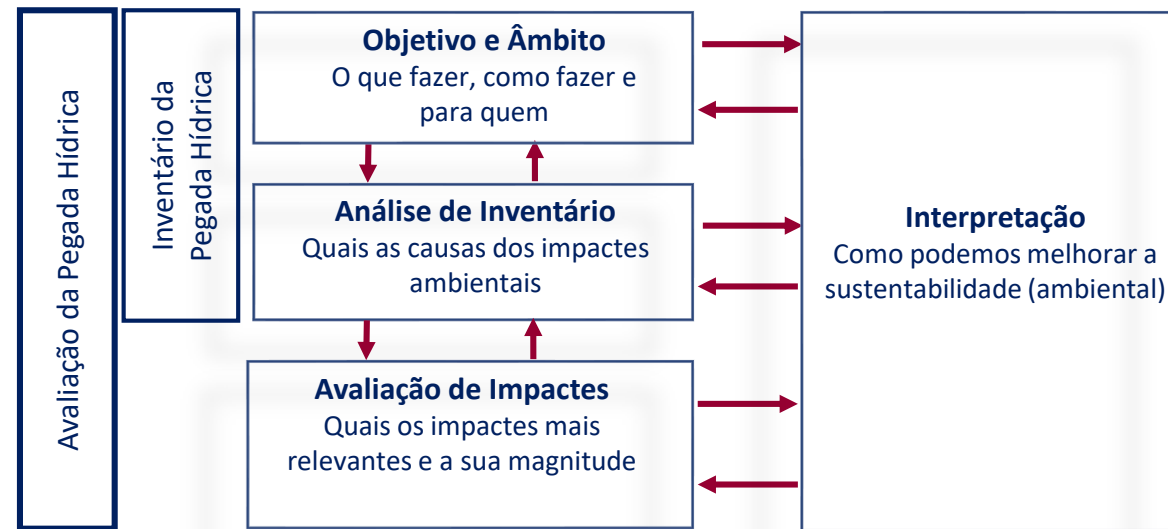


Figura 1. Principais processos na produção de vinho e seus principais inputs e outputs.
Adaptado de NP EN ISO 14046:2014

Etapas Metodológicas - Definição do Sistema e Unidade Funcional

A fronteira do sistema foi definida seguindo uma abordagem *cradle-to-gate* (e.g. do berço-ao-portão), incluindo-se as etapas da viticultura, da vinicultura e do engarrafamento (Fig. 2).

A unidade funcional (UF), unidade de referência do sistema de estudo com a qual os inputs e os outputs são relacionados, foi um litro de vinho.

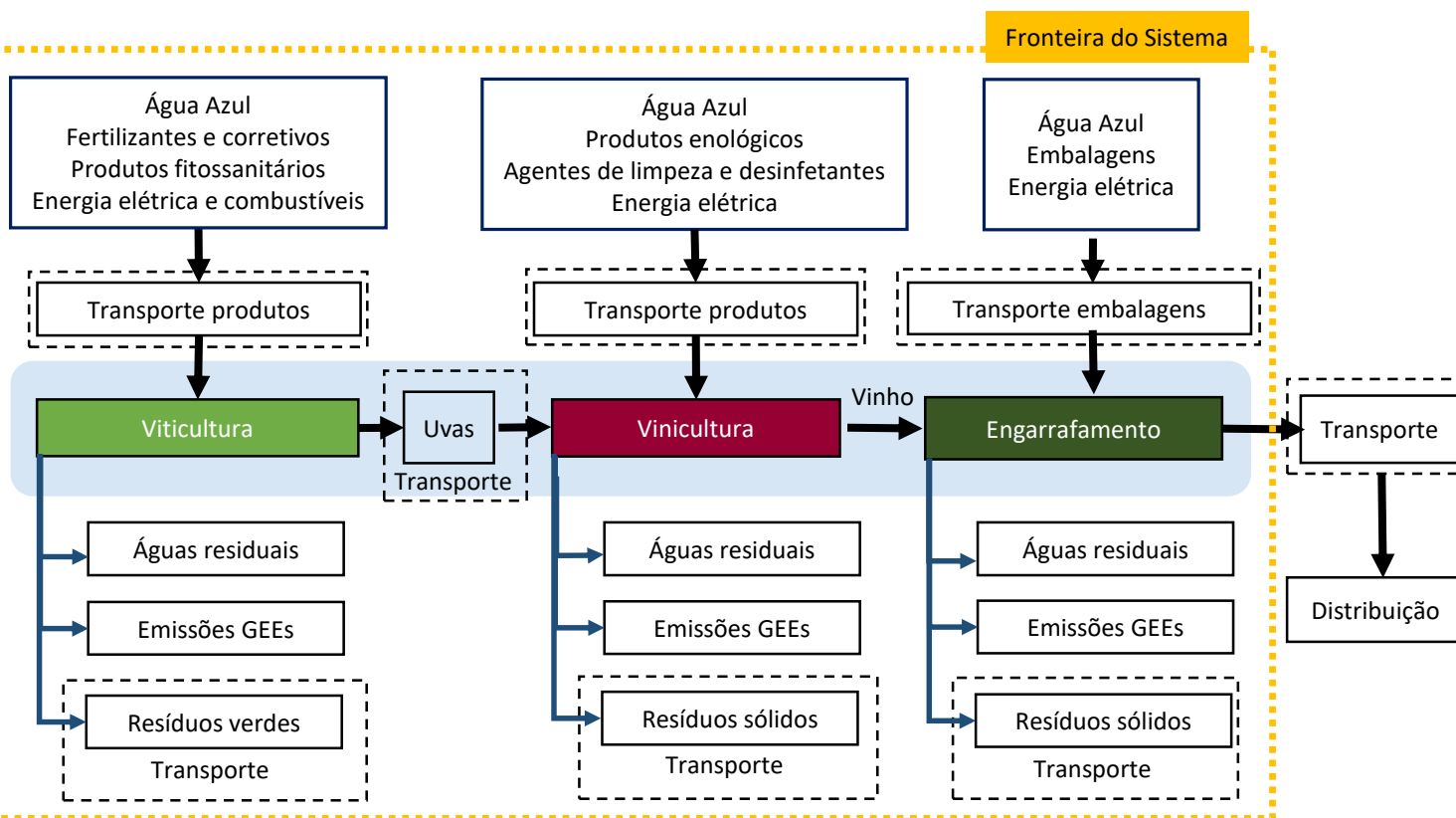


Figura 2. Delimitação da fronteira do sistema. Inclui os principais processos na produção de vinho e os seus principais inputs e outputs.



Etapas Metodológicas - Inventário da ACV/Recolha de Informação

Para a obtenção dos principais *inputs* e *outputs* do sistema recorreu-se à aplicação de questionários às empresas do setor, audição de especialistas das várias etapas da cadeia produtiva e a bases de dados disponíveis.

Os questionários desenvolvidos para a etapa da viticultura e da vinicultura foram estruturados com base noutros estudos científicos (Neto *et al.*, 2013; Quinteiro *et al.*, 2014; Rinaldi *et al.*, 2016).

Quadro 3. Tópicos abordados nos questionários aplicados às empresas vitivinícolas.

Viticultura	Vinicultura
<ul style="list-style-type: none"> ▪ informação geral sobre a vinha ▪ intervenções no solo (mobilizações do terreno) ▪ intervenções em verde ▪ sistema de rega ▪ fertilização e correção ▪ produtos fitossanitários ▪ podas ▪ vindima ▪ energia consumida ▪ consumo de água ▪ manutenção dos veículos e outros equipamentos ▪ transporte ▪ informações sobre as águas residuais ▪ informações sobre o clima 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ características gerais da adega ▪ consumo de energia ▪ consumo de água ▪ utilização de agentes de limpeza e desinfetantes ▪ produtos enológicos ▪ enchimento, rotulagem, embalamento, paletização e armazenamento ▪ informações sobre as águas residuais ▪ resíduos produzidos ▪ manutenção dos equipamentos utilizados ▪ emissões atmosféricas



Etapas Metodológicas - Avaliação de impactes do ciclo de vida

Os métodos de avaliação da pegada hídrica consideraram o impacte do uso da água na disponibilidade e qualidade da mesma (Fig. 4).



Figura 4: Ilustração esquemática da avaliação da pegada hídrica adotada no âmbito da ISO 14046:2014. Adaptado de Anne-Marie Boulay, WULCA.

Para a disponibilidade de água utilizaram-se indicadores de escassez hídrica (AWARE, WSI e UBP) e para a qualidade foram escolhidas as categorias de impacte mais comuns – acidificação, eutrofização e ecotoxicologia aquática e, ainda, um impacte indireto relacionado com o uso da água – aquecimento global (Quadro 4).

A avaliação de impactes do ciclo de vida seguiu a metodologia CML 2001, proposta por Guinée *et al.* (2001) e atualizada para o ano de 2016 (CML, 2016).



Etapa Metodológica - Avaliação de impactes de ciclo de vida

Quadro 4. Categorias de impacte para avaliação quantitativa e qualitativa do consumo de água para a produção de vinho.

Categoria de impacte	Unidade	Equação	Referência
Potencial de acidificação (PA)	g SO ₂ eq	$PA = \sum PAi . mi$	Guinée <i>et al.</i> (2001)
Potencial de eutrofização (PE)	g PO ₄ ³⁻ eq	$PE = \sum PEi . mi$	
Potencial de aquecimento global (PAG)	kg CO ₂ eq	$PAG = \sum PAGa, i . mi$	
Potencial de ecotoxicidade de água doce (FAETP)	kg DCB eq	$FAETP = \sum FAETPi . mi$	
Available Water Remaining (AWARE)	m ³ world eq	$AWARE = CA . \frac{1}{DA}$	Boulay <i>et al.</i> (2018)
Water scarcity indicator (WSI)	m ³ eq	$WSI = \frac{1}{1 + e^{-6,4 . WTA . (\frac{1}{0,01} - 1)}}$	Pfister <i>et al.</i> (2009)
Ecological scarcity UBP	UBP	$UBP = CA . DAs$	Frischknecht & Büsser Knöpfel (2013)

Onde: PA_i – Potencial de acidificação para uma substância *i* emitida para a atmosfera em kg SO₂ eq kg⁻¹ de emissão; PE_i – Potencial eutrofização para uma substância *i* emitida em kg PO₄³⁻ eq kg⁻¹ de emissão; PAG_{a,i} – PAG para a substância *i* integrada ao longo de um ano, *a*, kg CO₂ eq kg⁻¹ de emissão; FAETP_i – potencial de ecotoxicidade de água doce para uma substância *i* emitida para a atmosfera em kg DCB eq; *mi* – emissão da substância *i* para o ambiente em massa; CA – Consumo de água; DA – Disponibilidade de água numa determinada região; DAs - Fatores ecológicos, expressos como eco-pontos por unidade de emissão de poluentes ou extração de recursos (região de referência Suíça).

Etapas Metodológicas - *Interpretação dos resultados e oportunidades de melhorias*

Nesta fase os resultados são analisados tendo por base os objetivos e o âmbito do estudo, de forma a retirar conclusões e recomendações futuras.

A avaliação dos impactes e a identificação dos processos mais críticos do setor, identificados como *hotspots*, em conjunto com o estudo de cenários, são fundamentais para a definição de ações de mitigação dos impactes relacionados com o uso e a degradação da água.

Além disso, permitirá estabelecer comparações entre organizações e/ou produtos (benchmarking), comunicar o desempenho ambiental através da Pegada Hídrica, aumentar a competitividade da organização/produto e possível conquista de mercado e ainda, contribuir para a definição de políticas públicas sustentáveis.



Melhores Técnicas Disponíveis

As principais tecnologias e boas práticas a implementar para a redução do consumo de água são apresentadas no Quadro 5. Algumas, bastante simples e de baixo, estão ao alcance da quase totalidade dos produtores, permitindo o aumento da eficiência do uso da água.

Quadro 5. Tecnologias e boas práticas para a redução do consumo de água na adega.

Tecnologia/boa prática	Breve descrição
Formação contínua e sensibilização dos trabalhadores	A formação e sensibilização dos trabalhadores será o ponto de partida para a redução do desperdício de água, sendo fulcral para atingir o objetivo
Melhoria dos procedimentos de limpeza e desinfecção	Utilização de rodos para remoção de resíduos de maiores dimensões e o uso de sistemas CIP que permitem a recuperação das soluções de limpeza e desinfecção
Possibilidade de utilizar água quente ou fria	Algumas etapas de limpeza são mais eficazes recorrendo a água quente
Utilização de pistolas de pressão na extremidade das mangueiras	A utilização de pistolas nas mangueiras utilizadas habitualmente nos processos de lavagem, permite uma lavagem mais eficiente e com menor volume de água, reduzindo o seu desperdício.
Adaptações do comprimento e do diâmetros das mangueiras	A adaptação do comprimento e do diâmetro das mangueiras, às necessidades reais das adegas, possibilitarão reduzir o desperdício de água.

Quadro 5.1. Tecnologias e boas práticas para a redução do consumo de água na adega (continuação).

Tecnologia/boa prática	Breve descrição
Utilização de máquinas de lavagem que permitam criar pressão	A água sobre pressão permitirá uma limpeza e/ou desinfeção mais eficazes
Detetores de fugas	Fundamentais para minimizar o desperdício
Utilização de cestos de malha	A recolha dos sólidos com dimensão superior a 0,5-1,0 mm permite a redução da carga orgânica do efluente gerado. Quanto menor o período de tempo de contacto entre os sólidos e o efluente, menor a quantidade de carga orgânica
Colocação de dispositivos de poupança de água nas instalações sanitárias	Os desperdícios nas instalações sanitárias representam uma percentagem relevante no desperdício global de água. Redutores de caudal, autoclismos de dupla descarga e urinóis acionados por pressão, com temporizador ou sensores permitem reduzir o desperdício
Existência de um plano de manutenção periódica	A substituição de peças sujeitas a desgaste, como solenóides, das válvulas, das tubagens e das mangueiras permitirá prevenir o desperdício de água





Quadro 5.2. Tecnologias e boas práticas para a redução do consumo de água na adega (conclusão).

Tecnologia/boa prática	Breve descrição
<p>Existência de equipamentos e utensílios que permitam aos trabalhadores repararem de imediato as fugas detetadas</p>	<p>Se o plano de manutenção periódica for eficaz esta boa prática raramente será executada</p>
<p>Recolha e reutilização das águas dos chillers, torres de refrigeração e equipamentos de ar condicionado</p>	<p>Raramente reutilizada a água proveniente dos equipamentos referidos também contribuirá para a redução do desperdício</p>
<p>Existência de programadores que permitam cortar automaticamente a água quando esta não é necessária (como por exemplo no final do período de laboração)</p>	<p>Caso ocorra uma fuga após o horário de trabalho, os programadores impedirão o desperdício</p>
<p>Destiladores mais eficazes</p>	<p>Nos casos em que as adegas têm laboratório o destilador poderá ser uma fonte de desperdício, como tal, dever-se-á avaliar as características técnicas do equipamento de forma a saber quantos litros de água são necessários para se obter um litro de água destilada</p>
<p>Medidores de caudal</p>	<p>Fundamentais para quantificar os litros de água que são consumidos na produção de um litro de vinho e, assim, estabelecer metas de redução do desperdício</p>

Variáveis De Entrada

Dados da vinha, do sistema de rega e da produção no ano em avaliação

- Localização, área, casta(s), idade, compasso (linha x entrelinha)
- Profundidade atingida pelas raízes
- Objetivo da produção (Qualidade de vinho pretendida - 1 a 4)
- Produção total de uva (ou de vinho) no ano em avaliação

Dados relativos ao solo

- Classe textural do solo (1-Arenoso/2-Franco/3-Limoso/4-Argiloso)
- Profundidade do solo

Dados climáticos locais (ou regionais) no ano em avaliação

(num passo de tempo diário, períodos de 10 dias, mensais)

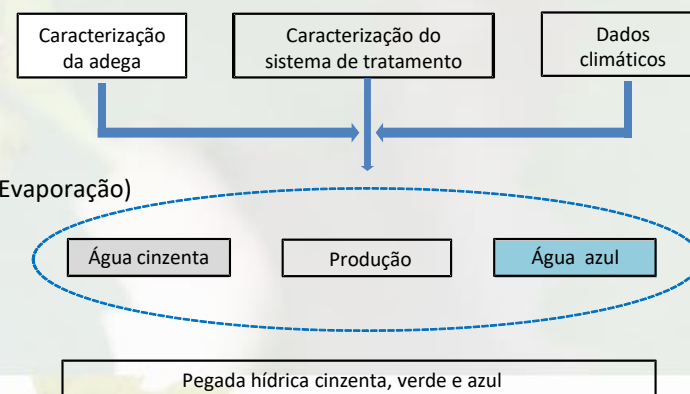
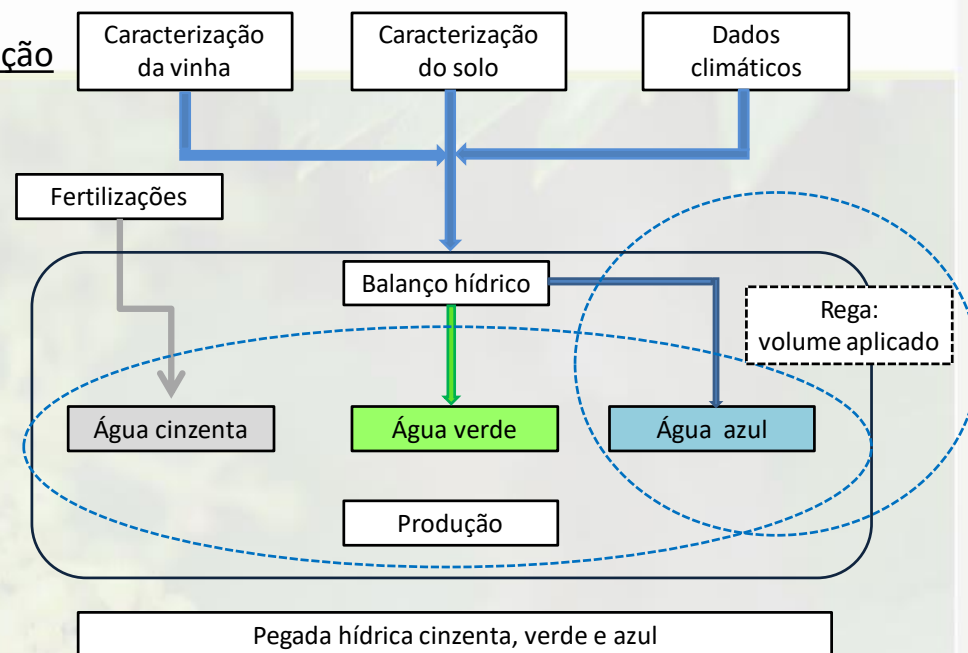
- Precipitação, P
- Evapotranspiração de referência, ETo (Eq. Penmann-Monteith)

Rega e fertilização no ano em avaliação

- Plano de fertilização e quantidades de N, P aplicadas.
- Rega: nº de regas, data e duração de cada rega ou volume mensal de água aplicado

Dados da adega e do sistema de tratamento existente

- Quantidade de vinho produzida (L)
- Consumo de água na adega (mensal/anual)
- Caracterização do sistema de tratamento de águas residuais existente (Aeróbio/Anaeróbio/Lagoa de Evaporação)
- Destino da água residual (coletor municipal/linha de água/regia)
- Controlo analítico da água residual tratada (sim/não)
- Medidas de uso eficiente da água existentes



Módulos de Cálculo

Home Project Partners Activities Publications & Resources

Os módulos de cálculo foram expressamente programados para a aplicação em visual Fortran e a interface com o utilizador foi programada em PHP.

Balanço hídrico

O balanço hídrico do solo, expresso em termos de depleção na zona radicular num intervalo de tempo i , D_i , obedece à seguinte equação:

$$D_i = D_{i-1} - (P_i - RO_i) - R_i + ET_i + DP_i + Gw_i$$

Estima as componentes precipitação efetiva ($P_i - RO_i$), evapotranspiração (ET_i), rega (R_i), percolação em profundidade (DP_i) em mm (a ascensão capilar é desprezada $Gw_i=0$) num passo de tempo i (diário, 10 dias ou mensal). A evapotranspiração cultural máxima, ET_c , obtém-se pela metodologia do coeficiente cultural único ou, se existe informação disponível, pelo K_c dual. A evapotranspiração real ET_i é estimada de acordo com a qualidade de produção pretendida, através da adoção de um coeficiente de stress.

Outputs do Modelo

Vinha: precipitação efetiva, evapotranspiração cultural, coeficiente de stress, evapotranspiração e rega, percolação em profundidade e armazenamento de água no solo. Os resultados, agregados mensalmente, são expressos em mm. Fornece ainda o volume de água verde, azul e cinzenta por unidade de área da vinha e por kg de uva e L de vinho produzidos.

Adega: volume de efluente descarregado, evaporação proveniente do sistema de tratamento (água azul) e volume de água necessário para assimilar a carga poluente do efluente produzido com base no controlo analítico ou recorrendo a valores de referência, de acordo com o seu destino final (água cinzenta). Fornece ainda a pegada hídrica azul e cinzenta.



Bibliografia

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., Smith, M. (1998) – Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper n° 56. Food and Agriculture Organization, Roma, Itália 300p. <http://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm>
- Amarasinghe, U. & Smakhtin, V. (2014). Water productivity and water footprint: misguided concepts or useful tools in water management and policy?. *Water International*, 39: 1000–1017.
- APHA, AWWA, WEF. (2006). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10th edition. Washington, D.C, USA: APHA, AWWA, WEF.
- Blanco-Cipollone, F., Lourenço, S., Silvestre, J., Conceição, N., Moñino, M.J., Vivas, A., Ferreira M.I. (2017). Plant Water Status Indicators for Irrigation Scheduling Associated with Iso- and Anisohydric Behavior: Vine and Plum Trees. *Horticulturae*, 3, 47. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae3030047>
- Boulay, A.-M., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Lathuillière, M. J., Manzardo, A., Pfister, S. (2018). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(2), 368-378. doi: [10.1007/s11367-017-1333-8](https://doi.org/10.1007/s11367-017-1333-8)
- Campos, I., Neale, C.M.U., Calera, A., Balbontín, C., González-Piqueras, J. (2010). Assessing satellite-based basal crop coefficients for irrigated grapes (*Vitis vinifera* L.). *Agricultural Water Management*, 98: 45–54.
- Chapagain, A., Hoekstra, A., Savenije, H., Gautam, R. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological Economics*, 60 (1): 186–203.
- Chukalla, A.D., Krol, M.S., Hoekstra, A.Y. (2015). Green and blue water footprint reduction in irrigated agriculture: effect of irrigation techniques, irrigation strategies and mulching. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, 4877–4891.
- CML. (2016). CML-IA Characterisation Factors. Update information version 4.7, released January 2016. Retrieved from <http://cml.leiden.edu/software/data-cmlia.html#downloads>. Accessed: May 04, 2019
- Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de setembro. Diário da República n.º 203/1997—I série-A. Ministério do Ambiente. Lisboa.
- Ferreira, M.I., Silvestre, J., Conceição, N., Malheiro, A.C. (2012). Crop and stress coefficients in rainfed and deficit irrigation vineyards using sap flow techniques. *Irrigation Science*, 30: 433–447.
- Flanzy, C. Coord. (1998). OENOLOGIE fondements scientifiques et technologiques. Lavoisier TEC&DOC. Paris.
- Frischknecht, R. & Büsser Knöpfel, S. (2013). Swiss eco-factors 2013 according to the ecological scarcity method. *Methodological fundamentals and their application in Switzerland*, 254. In.
- Guinée, J. B., Gorrae, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., Koning, A. D., Huijbregts, M. A. J. (2001). LCA – An operational guide to the ISO-standards – Part 2b: Operational annex (Final report. May 2001): Institute of Environmental Science (CML), Faculty of Science. Leiden University. The Netherlands.
- Hastings, E. & Pegram, G. (2012). Literature Review for the Applicability of Water Footprints in South Africa, WRC Report No. 2099/P/11, Water Research Commission, Gezina, South Africa.
- Hoekstra, A. V., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., Mekonnen, M. M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual Setting the Global Standard. Londres: Earthscan.
- Mekonnen, M. & Hoekstra, A. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15: 1577–1600.
- Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M. A., Kijne, J. (2010). Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution, *Agricultural Water Management*, 97: 528–535.
- Neto, B., Dias, A. C., Machado, M. (2013). Life cycle assessment of the supply chain of a Portuguese wine: from viticulture to distribution. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(3), 590-602. doi: [10.1007/s11367-012-0518-4](https://doi.org/10.1007/s11367-012-0518-4)
- Pfister, S., Koehler, A., Hellweg, S. (2009). Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. *Environmental Science & Technology*, 43(11), 4098-4104. doi:10.1021/es802423e
- Quinteiro, P., Dias, A. C., Pina, L., Neto, B., Ridoutt, B. G., Arroja, L. (2014). Addressing the freshwater use of a Portuguese wine ('vinho verde') using different LCA methods. *Journal of Cleaner Production*, 68, 46-55. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.017>
- Rinaldi, S., Bonamente, E., Scrucca, F., Merico, M., Asdrubali, F., Cotana, F. (2016). Water and Carbon Footprint of Wine: Methodology Review and Application to a Case Study. *Sustainability*, 8(7), 621. doi: <https://doi.org/10.3390/su8070621>
- Rosa, R.D., Paredes, P., Rodrigues, G.C., Alves, I., Allen, R.G., Pereira, L.S. (2012). Implementing the dual crop coefficient approach in interactive software. 1. Background and computational strategy. *Agricultural Water Management* 103: 8-24

ANEXOS

ArcGIS – COMO OBTER O NDVI A PARTIR DAS IMAGENS DO SATÉLITE SENTINEL-2

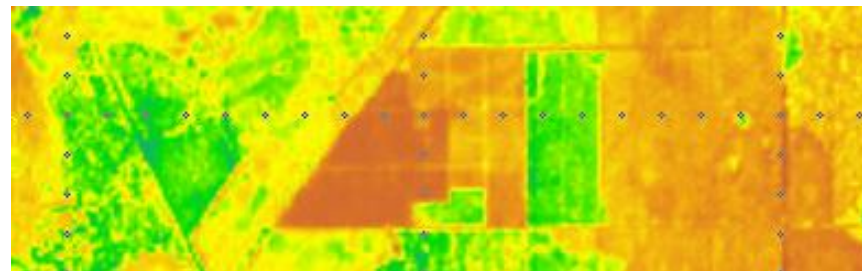
1. Conceito

O NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) é um índice que permite caracterizar o vigor da vegetação natural ou agrícola e está relacionado com o teor da clorofila nas plantas.

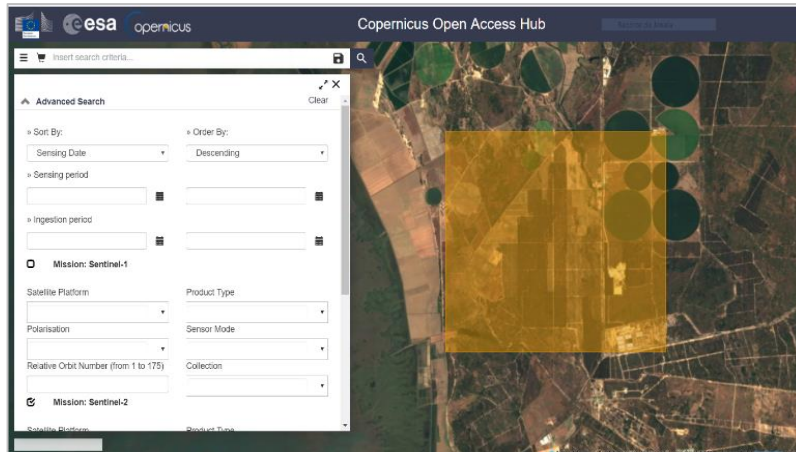
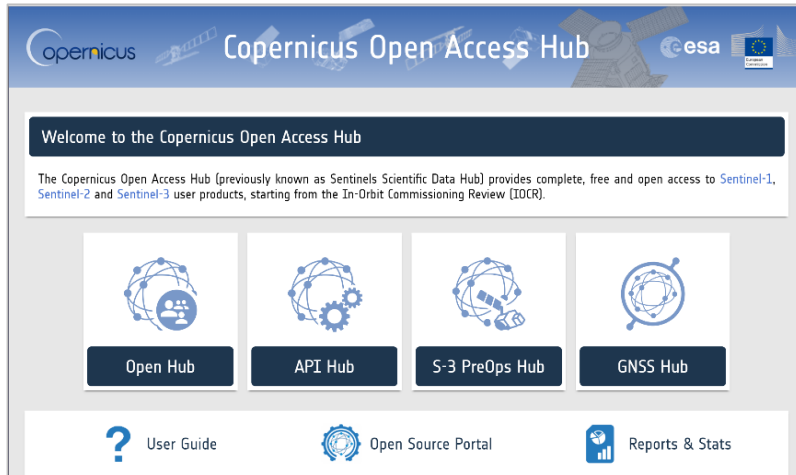
Os valores do NDVI podem variar entre -1 e 1. Valores negativos ou próximos de zero indicam água, ausência de vegetação ou solo exposto. Valores próximos de 1 indicam a existência de vegetação fotossinteticamente ativa.

O NDVI pode ser obtido através de imagens produzidas por sensores remotos. No caso do Sentinel-2 este índice pode ser obtido a partir das bandas 8 (NIR: infravermelho próximo) e 4 (Red: vermelho) através da seguinte equação:

$$\mathbf{NDVI = (NIR-Red)/(NIR+Red)} \quad (\text{Equação A.1})$$



2. Sentinel - 2: Download das bandas



As bandas 4 e 8 podem ser obtidas diretamente da Agência Espacial Europeia (*European Space Agency*) através do link <https://scihub.copernicus.eu/>, opção *Open Hub*.

Selecionar a área pretendida, escolher e aplicar os critérios de seleção, por exemplo, intervalo de tempo, tipo de satélite e percentagem de nuvens.

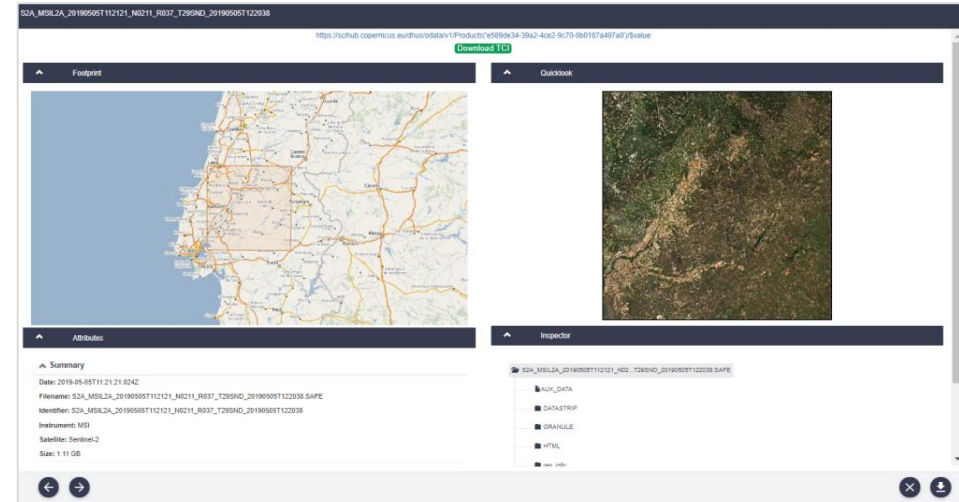
Após a filtragem anterior, escolher a imagem pretendida.



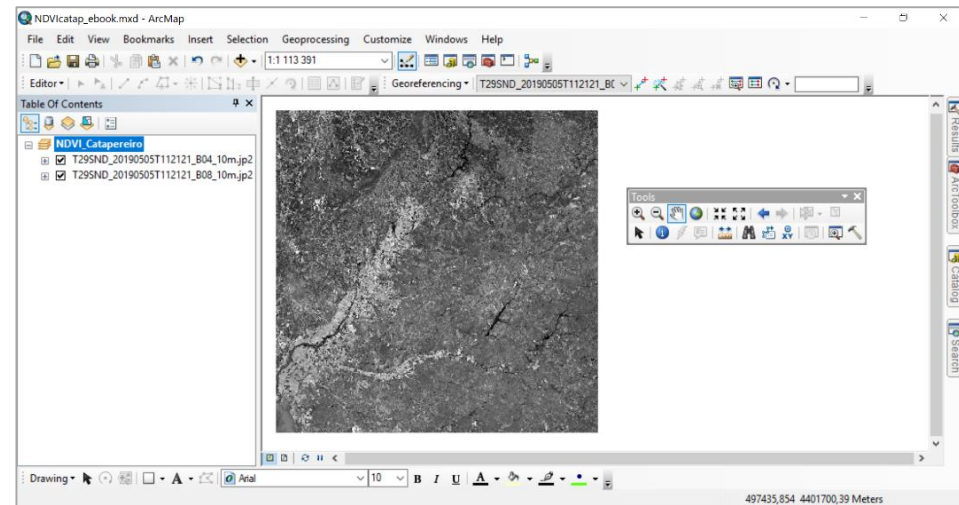
3. Construir mapas de NDVI em ArcGis

No botão *View Products Details* é possível consultar os detalhes da imagem.

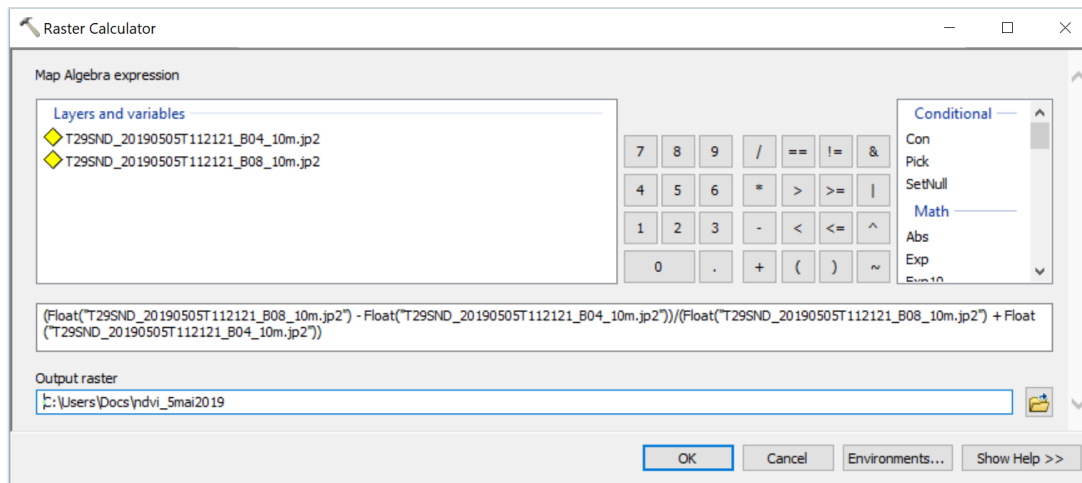
Após descarregar a imagem, as bandas do satélite podem ser encontradas na pasta GRANULE.



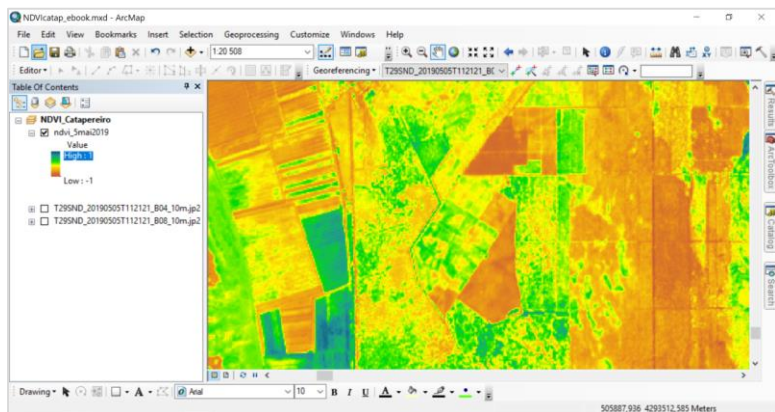
Abrir o ArcGis e clicar em *Add Data*. Selecionar as bandas 4 e 8 e adicioná-las à área de trabalho.



Utilizar a ferramenta de análise *Raster Calculator* para calcular o mapa de NDVI.



Para obter os valores de NDVI converte-se a imagem em pontos, escolhendo a ferramenta de conversão *Raster to Point*.



FID	Shape *	pointid	grid_code
0	Point	1	0,482827
1	Point	2	0,419996
2	Point	3	0,364871
3	Point	4	0,414822
4	Point	5	0,523986
5	Point	6	0,556317
6	Point	7	0,533349
7	Point	8	0,40598
8	Point	9	0,438713
9	Point	10	0,434413
10	Point	11	0,337426
11	Point	12	0,425412
12	Point	13	0,501546
13	Point	14	0,535377
14	Point	15	0,510502

Raster to Point (Conversion) (Tool)
 Converts a **raster** dataset to **point** features.
 toolboxes\system\toolboxes\conversion\tools.tbx\from_raster\raster to point





Cofinanciado por:

