

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 Egípto^{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

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.

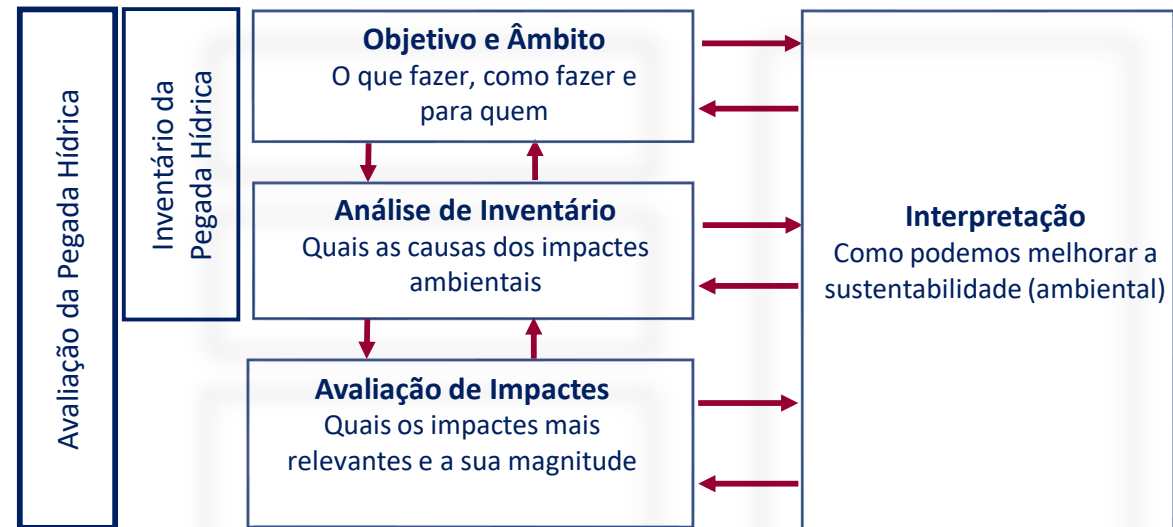


Figura 1. Principais processos na produção de vinho e seus principais inputs e outputs.
Adaptado de NP EN ISO 14046:2014

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.

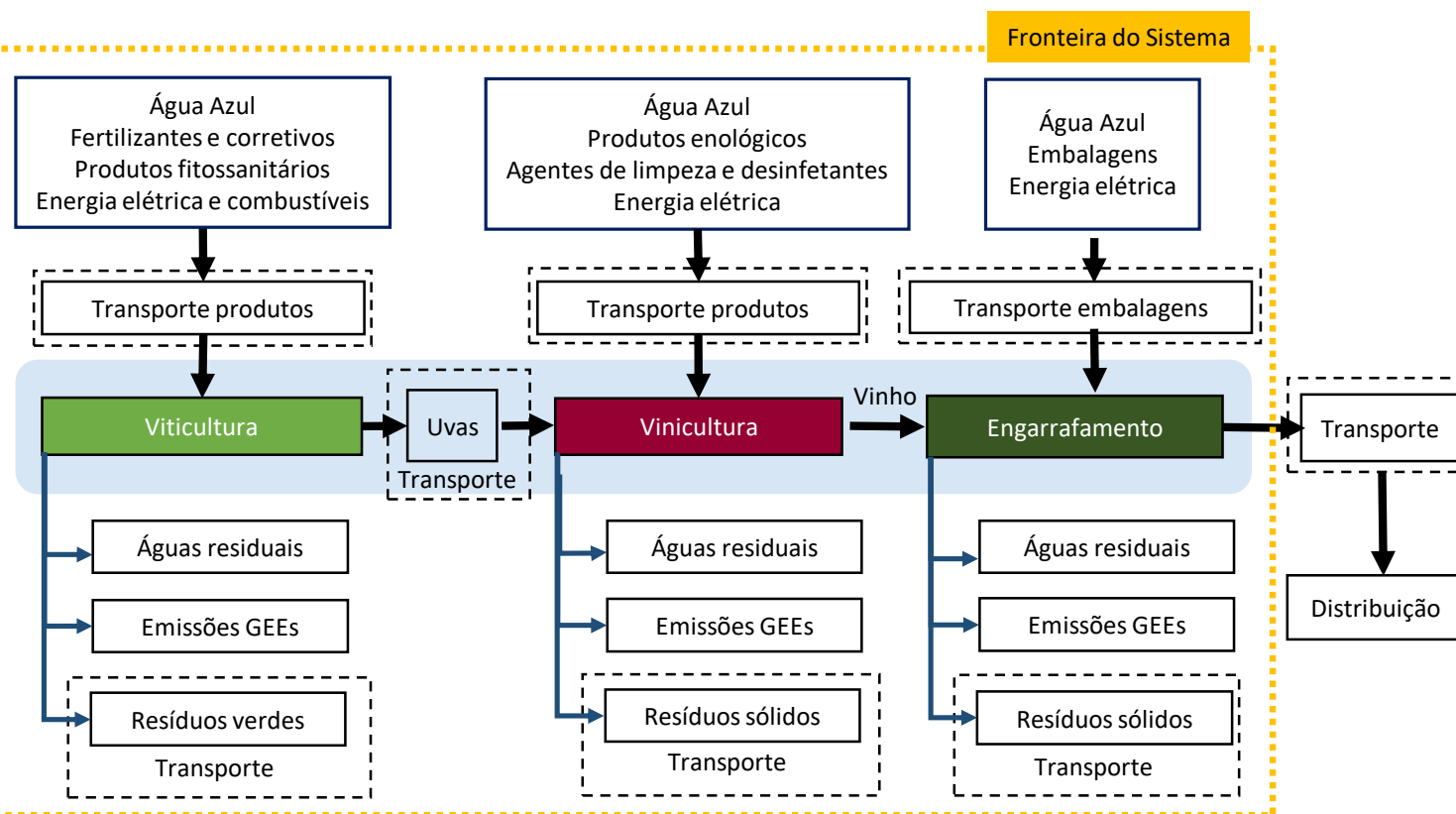


Figura 2. Delimitação da fronteira do sistema. Inclui os principais processos na produção de vinho e os seus principais inputs e outputs.



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 impacto 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 impacto mais comuns – acidificação, eutrofização e ecotoxicologia aquática e, ainda, um impacto 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 impactos de ciclo de vida

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

Categoria de impacto	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: PAi – Potencial de acidificação para uma substância i emitida para a atmosfera em kg SO₂ eq kg⁻¹ de emissão; PEi – Potencial eutrofização para uma substância i emitida em kg PO₄³⁻ eq kg⁻¹ de emissão; PAGa,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 adegas.

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 desinfecção 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
Existência de equipamentos e utensílios que permitam aos trabalhadores repararem de imediato as fugas detetadas	Se o plano de manutenção periódica for eficaz esta boa prática raramente será executada
Recolha e reutilização das águas dos chillers, torres de refrigeração e equipamentos de ar condicionado	Raramente reutilizada a água proveniente dos equipamentos referidos também contribuirá para a redução do desperdício
Existência de programadores que permitam cortar automaticamente a água quando esta não é necessária (como por exemplo no final do período de laboração)	Caso ocorra uma fuga após o horário de trabalho, os programadores impedirão o desperdício
Destiladores mais eficazes	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
Medidores de caudal	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

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)

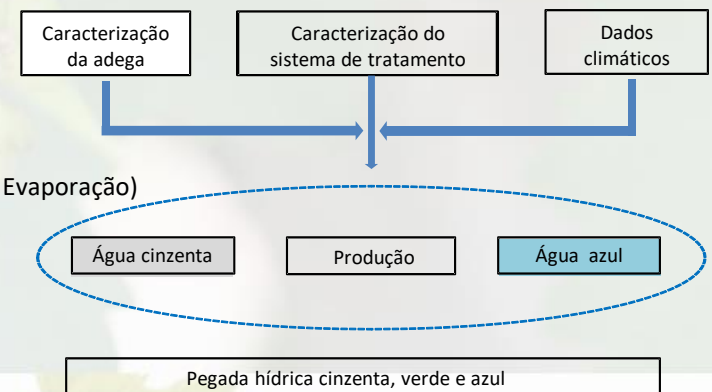
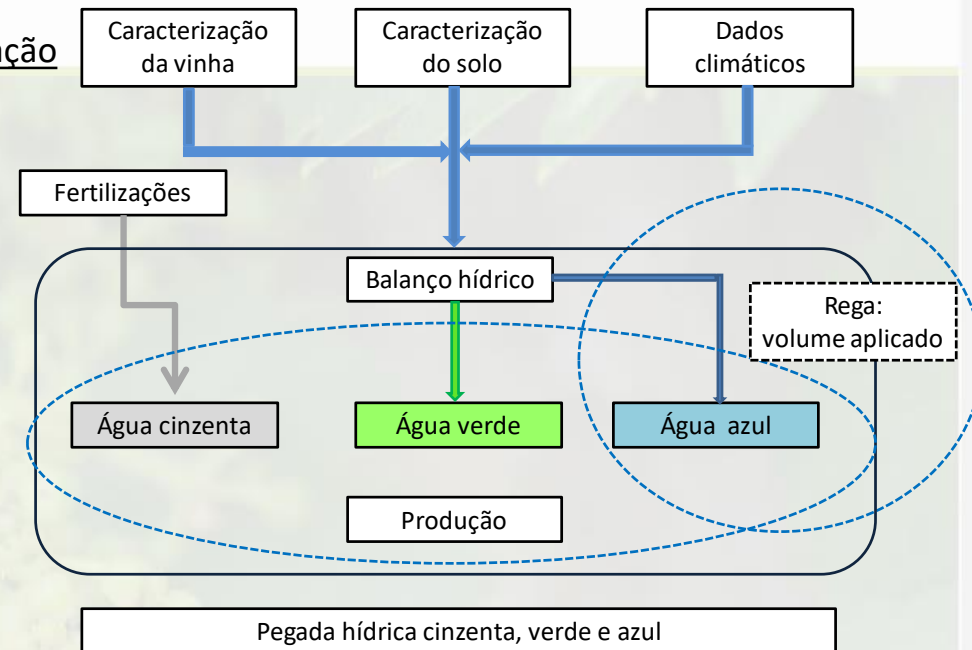
- Precipitação, P
- Evapotranspiração de referência, ETo (Eq. Penmann-Monteith)

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 adegas 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/regas)
- 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 nº 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., Gorée, 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