



## Uso da Água em Sistemas Agroflorestais: uma Breve Revisão da Literatura

*Water use in Agroforestry System: A Brief Review of the Literature*

VOLTOLINI, Lisiana Crivelenti<sup>1</sup>; MERCADANTE, Maria Eugênia Gobbo<sup>2</sup>; RAMOS-FILHO, Luiz Octávio<sup>3</sup>; MORICONI, Waldemore<sup>4</sup>; QUEIROGA, Joel Leandro de<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, lisianacrivelenti@yahoo.com.br; <sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos, mariagobbo93@gmail.com; <sup>3</sup>Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, ramoslo47@gmail.com; <sup>4</sup>Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, waldemore.moriconi@embrapa.br; <sup>5</sup>Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, joel.queiroga@embrapa.br

**Resumo:** O fornecimento de água na agricultura tornou-se uma atividade imprescindível para se atingir a maior produtividade e minimizar os riscos de perdas, uma vez que a distribuição das chuvas não mais supre de forma adequada as necessidades hídricas das culturas durante o ano. A complexidade de um sistema agroflorestal (SAF) cria condições que promovem a eficiência hídrica, criando um microclima capaz de manter a temperatura e umidade do ar e do solo favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Diante da carência de informações sobre a dinâmica da água e a necessidade hídrica de um SAF, este estudo tem como objetivo realizar uma abordagem revisional através de literaturas científicas encontradas em bases de dados online/portais de pesquisa, com o intuito de promover uma reflexão sobre a aplicação e o manejo mais eficiente da irrigação dentro destes sistemas. Conclui-se que o plano de manejo de irrigação deve considerar a variação da necessidade hídrica do consórcio como um todo. Portanto, a escolha das espécies para o desenho do SAF deve ser feita diante das condições hídricas do local bem como da realidade pluviométrica da região. Como as interações de fatores relacionados à dinâmica da água em SAFs é bastante complexa, sugere-se ainda integrar estas informações a modelos matemáticos capazes de compilar todo o conjunto de variáveis envolvidas.

**Palavras-chave:** Eficiência no Uso da Água (WUE), Irrigação, Agroecossistema.

**Abstract:** The provision of water in agriculture has become an essential activity to achieve higher productivity and minimize the risk of losses, since the distribution of rainfall no longer meets the water needs of crops adequately during the year. The complexity of an agroforestry system (SAF) creates conditions that promote water efficiency, creating a microclimate capable of maintaining the temperature and humidity of the air and soil favorable to the growth and development of the plants. Given the lack of information on water dynamics and the water requirement of an SAF, this study aims to make a revisional approach through scientific literature found in online databases / research portals, with the purpose of promoting a reflexon on the applicability and more efficient handling of irrigation within these systems. It is concluded that the irrigation management plan must consider the variation of the water requirement of the consortium as a whole. Therefore, the choice of the species for the design of the SAF must be made in face of the local water conditions as well as the pluviometric reality of the region. As the interactions of factors related to water



dynamics in SAFs are quite complex, it is even suggested to integrate this information into mathematical models capable of compiling the whole set of variables involved.

**Keywords:** Water Use Efficiency (WUE), Irrigation, Agroecosystem.

## Introdução

As mudanças climáticas, causadas pelo aumento da concentração de gases de efeito estufa, afetam diretamente a agricultura e as áreas de florestas brasileiras. Estudos sobre os biomas brasileiros percebem em maior ou menor grau a desertificação do semiárido nordestino, o que denominam “savanização” da floresta Amazônica. Em consequência, há uma perspectiva de perda considerável da biodiversidade em poucas décadas, além da escassez de água cada vez mais acentuada principalmente em regiões semiáridas (PELLEGRINO et al., 2007). Diante deste quadro, o potencial produtivo do setor agrícola também se encontra ameaçado, com possibilidade de danos irreversíveis aos ecossistemas (CUNHA et al., 2013).

O fornecimento de água na agricultura tornou-se uma atividade imprescindível para se atingir a maior produtividade e minimizar os riscos de perdas, uma vez que a distribuição das chuvas não mais supre de forma adequada as necessidades hídricas das culturas durante o ano. As práticas mais sustentáveis de irrigação são aquelas que fazem uso eficiente da água sem reduzir a produtividade da cultura. Porém, diante do alto consumo em projetos de irrigação, ainda se busca conhecer como otimizar procedimentos que sejam mais eficientes para uso em sistemas agrícolas mais sustentáveis, como é o caso dos sistemas agroflorestais agroecológicos.

A atividade agrícola e florestal, por outro lado, também pode ser considerada uma importante estratégia na redução dos impactos causados pelas mudanças climáticas. O sequestro de carbono pelos sistemas de produção agrícola, principalmente os Sistemas Agroflorestais (SAFs), compensam as emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, uma vez que é removido e assimilado na biomassa das plantas (MEIRELLES et al., 2009). Estudos com SAFs estão sendo realizados no sentido de avaliar a capacidade de diminuir a vulnerabilidade dos sistemas agrícolas aos extremos climáticos que caracterizam esse fenômeno global, além de apresentar melhores resultados econômicos quando comparados ao cultivo convencional, ajudando a reduzir os efeitos das oscilações econômicas, controlando a sazonalidade dos preços de mercado (MEIRELLES et al., 2009). Também podem ser uma alternativa no sentido de minimizar os conflitos por demandas de água em regiões de escassez hídrica (GUERRA, 2014).



Diante da grande relevância do tema, o presente trabalho tem por objetivo contextualizar o uso da água em sistemas agroflorestais. Ainda há carência de informações sobre a dinâmica da água e a necessidade hídrica de um SAF, sendo assim, esta abordagem revisional da literatura científica busca promover uma reflexão sobre a aplicação e o manejo mais eficiente da irrigação em SAF.

## Metodologia

O estudo foi feito no período de setembro e outubro do ano de 2018. Para o seu desenvolvimento, foram realizadas buscas de literatura científica nas bases de dados on-line/portais de pesquisa como Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e outras bases acessadas pelo Portal de Periódicos CAPES, sendo priorizados os trabalhos publicados em Revistas Científicas Acadêmicas. Foi definido como critério de inclusão: artigos que tenham foco no uso da água em cultivos consorciados e em sistemas agroflorestais. Para as buscas foram utilizados os seguintes termos: uso da água em “sistemas agroflorestais”, consumo de água em agroecossistemas e eficiência do uso da água na agricultura. As buscas foram realizadas usando os termos isoladamente ou em diferentes combinações, realizando sucessivos refinamentos a fim de se obter trabalhos mais focados no tema de interesse.

## Resultados e discussões

A eficiência no uso da água - EUA (ou WUE, como é designado na literatura internacional) no setor agrícola, tema que vem crescendo ao longo dos anos, relaciona o volume de água utilizado na produção de alimentos e o volume de água que se perde durante este processo. Do ponto de vista econômico, busca-se maximizar o rendimento considerando todos os custos e a resposta da cultura à irrigação aplicada. A relação uso da água na agricultura e rendimento de biomassa assimilado é vista como ferramenta multidisciplinar, contemplando diversos pontos de vista que vão desde pagamentos por serviços ecossistêmicos até o custo social e ambiental por meio da água utilizada. O aumento da EUA pode resultar na maior produtividade, melhor nutrição e maior renda familiar, principalmente em regiões com escassez hídrica, como no semiárido (VELASCO-MUÑOZ, 2018). Em outros termos, este processo aponta para o rendimento da safra por unidade de precipitação, unidade de água irrigada, ou ainda a quantificação de carbono assimilado na planta por unidade de água transpirada (VAN DUIVENBOODEN et al., 2000).

Em âmbito mundial, a água que se retira da fonte ainda é muito maior do que a água que efetivamente é aproveitada pela cultura agrícola. A eficiência na irrigação situa-se, em termos médios, em torno de 37%. Coelho et al. (2005) apontam que a



otimização em 1% na eficiência do uso da água de irrigação significaria uma economia de 200 litros de água, por agricultor, por hectare/ano. Estes valores refletem uma economia de aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumida. Paz et al. (2000) apontam que quase metade da água consumida no Brasil é destinada à agricultura e estimaram que em 2020 os índices deste consumo na América do Sul, África e Austrália sejam os mais elevados.

As diferenças socioeconômicas regionais, bem como as condições edafoclimáticas e a disponibilidade de recursos naturais de cada região, refletem na distribuição desigual das áreas irrigadas no Brasil. Desta forma, adotar métodos e/ou sistemas de irrigação mais adequados à realidade local, que atendam as demandas do produtor e considerem o nível tecnológico acessível economicamente, é uma forma de promover o aumento da eficiência no uso da água irrigada, da produtividade e da garantia à renda, principalmente em zonas semiáridas (PAZ et al., 2000).

Os sistemas agroflorestais, por sua vez, constituem uma alternativa sustentável ao minimizar os efeitos antrópicos. O consórcio de várias espécies dentro de uma área busca imitar o ambiente natural, onde a elevada diversidade do ecossistema e as interações benéficas entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções, são aproveitadas trazendo certo equilíbrio ao sistema ao longo do tempo (CARVALHO et al., 2004). Esta complexidade cria condições que promovem a eficiência hídrica, criando um microclima capaz de manter a temperatura e umidade do ar e do solo favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas (VIEIRA et al., 2003). Segundo Guerra (2014), o balanço hídrico analisa a entrada e saída de água que ocorrem em determinada porção de solo em um determinado tempo. Esta análise é importante para auxiliar na tomada de decisões quanto à gestão de recursos hídricos e recuperação de áreas. Quando ocorre desmatamento seguido de plantios agrícolas, o balanço hídrico da bacia fica comprometido. Esta dinâmica é diferente de uma situação onde a área é deixada para que se recupere naturalmente ou quando a área é reflorestada, pois a vazão é inicialmente maior e a evapotranspiração é menor, porém, ao longo do tempo, com a reconstituição da cobertura vegetal, o balanço hídrico tende a se estabilizar novamente. Desta forma, os SAFs podem expressar variações espaciais e temporais no balanço hídrico, sugerindo a necessidade de estudos para averiguar esta informação e entender melhor como de fato isso se aplica.

Estudos feitos no norte da Índia, comparando SAFs com cultivos de arroz e trigo em áreas irrigadas, apontam estimativas de balanço hídrico e pequena diferença no fluxo de vapor d'água anual – em escala regional – entre as formas de cultivo. Os resultados apontam que não houve aumento significativo no uso da água em escala regional para a bacia (ZOMER, 2007). Porém, ainda faltam informações sobre a necessidade hídrica de uma área com plantio consorciado. Kijne et al. (2003) afirmam o aumento da produção de água em SAFs em algumas situações. Dentre





elas, quando a vegetação do sub-bosque é constituída por plantas C3 e gramíneas; em locais em que a sombra das árvores aumenta a umidade da vegetação; quando há plantio de árvores em curva de nível, promovendo maior infiltração e redução de escoamento superficial e quando existe água em maior profundidade no solo, região considerada fora do alcance pelas raízes de plantas anuais. Na implantação de um SAF, Nicodemo (2011) considera importante o conhecimento das espécies a serem implantadas, bem como a profundidade atingida por suas raízes, uma vez que espécies arbóreas tendem a ter raízes mais profundas se comparadas a espécies arbustivas, conseguindo retirar água de camadas mais profundas no solo. Desta maneira, componentes arbóreos mantêm esta retirada fora de períodos chuvosos, aumentando a eficiência no uso da água do sistema, fato este que corrobora com as afirmações de Kijne et al (2003), ao apontar situações que promovem o aumento da produção de água em SAF.

Em contrapartida, Rao et al. (1997) avaliaram as interações biofísicas entre árvores, solo e cultivo agrícola em regiões de clima árido ou semi-árido, caracterizados pela baixa e irregular precipitação anual, indicando alta competição por água entre as árvores e o sub-bosque. Em específico, o cultivo adensado de árvores lenhosas com culturas anuais plantadas entre elas, não reflete no aumento da disponibilidade de água ao cultivo agrícola em situações de estresse hídrico, uma vez que a dominância das espécies lenhosas resulta na maior competição por água por unidade de solo. Os autores mostram que grande porcentagem de raízes finas das espécies lenhosas foram observados nos 50 cm mais superficiais do solo, região onde a maior parte das raízes de plantas agrícolas se concentram, indicando competição. Isto pode acabar desestimulando o uso de SAFs com alta densidade de árvores, como o cultivo em aléias, em regiões com baixa ou irregular precipitação anual. Portanto, é importante o teste de densidade dentro dos SAFs.

Nesse mesmo sentido, estudos realizados na Nova Zelândia em modelo silvipastoril avaliaram os efeitos na dinâmica das pastagens, apontando que os solos sob as árvores eram mais secos do que os solos nas pastagens solteiras, indicando maior consumo de água pelas plantas que compunham o sistema (BENAVIDES et al., 2009). Porém, a situação pode ser diferente em regiões subúmidas, caracterizadas por maior precipitação anual, onde a competição por água tende a ser menor, podendo inclusive deixar de ocorrer no caso de regiões mais úmidas. Ainda assim, Ribaski (s/d) relatou menor disponibilidade de água nos solos próximos às árvores, ao avaliar um sistema silvipastoril, composto por plantio de 11 anos de eucalipto em consórcio com braquiária, no nordeste do Paraná. A avaliação foi feita no mês de dezembro, época em que as chuvas são melhor distribuídas, concluindo que a umidade do solo próximo das árvores foi menor do que em áreas mais distantes do eucalipto e maior nas pastagens solteiras (sem árvores), resultando em maior produção de matéria seca. Por outro lado, Fernández et al. (2008) observaram que, em SAFs contendo grama nas entrelinhas, as raízes das espécies florestais são



capazes de buscar água nas camadas mais profundas do solo, tornando-a disponível à grama. Estudo este que corrobora com as análises feitas por Lehmann et al. (1998), ao avaliar a distribuição de sistema radicular de SAFs em solos com déficit hídrico, confirmando este aumento do número de raízes.

Em outra avaliação, feita durante 20 meses, Dulormne et al. (2004) relataram o plantio de gliricídia de 11 anos em sistema silvipastoril, consorciada com *Dichanthium aristatum* (grama angleton ou capim-bravo) em comparação com pastagem solteira no trópico subúmido – com estação seca de fevereiro a julho. A gliricídia foi plantada de forma adensada e podada periodicamente para alimentação animal. Os resultados mostram que os teores de umidade do solo foram semelhantes nas duas áreas durante a seca, indicando que não houve competição significativa por água entre a gramínea e a gliricídia na estação seca. Isso se mostra através da produção similar da gramínea, tanto a pleno sol como associada às árvores. Porém, na época chuvosa, onde não é realizada a poda da gliricídia, o teor de água no solo era menor na área com árvores, devido ao maior volume de biomassa e maior demanda da associação de plantas. Os autores concluem que a presença das árvores modificou o microclima, reduzindo a radiação fotossintética ativa, refletindo na baixa produção da gramínea na estação seca pelo fator limitante luz e não necessariamente pela competição por água.

Esta observação é diferente em um SAF, onde as variáveis aumentam e a dinâmica da água se relaciona com diversos componentes. Em relação à evaporação das árvores em um sistema agroflorestal, o sombreamento induzido pelas árvores de extrato alto condiciona um microclima favorável ao desenvolvimento das plantas no sub-bosque, podendo alterar não só a incidência da radiação solar como a umidade e a temperatura próximas à copa (NICODEMO, 2011). No mesmo sentido, Lin (2010) observou que o sombreamento igual ou superior a 30% reduziu em 32% a evapotranspiração do cafeeiro quando comparado com áreas de maior incidência solar.

Outros autores, como Menezes et al. (2002), afirmam que o sombreamento pode amenizar a competição por água no sub-bosque. Belski et al. (2009), citados por Nicodemo (2011), observaram que em regiões com baixa precipitação média anual, a produtividade da camada herbácea do sub-bosque foi 95% maior do que as mesmas espécies a céu aberto. Em ambiente um pouco mais úmido, as plantas sob o dossel das Acácias (*Acacia tortilis*) obtiveram produtividade 52% maior do que a pleno sol, e 18% maior sob Baobás (*Adansonia digitata*). Houve uma diferença na radiação solar e na temperatura do solo entre as áreas observadas, destacando a maior produtividade do sub-bosque, principalmente pela redução das taxas evaporativas, que levou ao menor estresse das plantas sob as copas das árvores.



Desta forma, o desenho de um sistema agroflorestal deve ser pensado não só em relação à distribuição de produção ao longo do ano, mas também em relação à demanda de água de cada espécie, minimizando a competição por meio do correto planejamento e manejo do sistema. Nicodemo (2011) explica a complementaridade no uso de recursos pelas diferentes espécies e suas dinâmicas de produção quando em consórcio. Ao longo do tempo a produção tende a diminuir pela competição de recursos. A medida que o tempo passa, há uma sobreposição das necessidades e estruturas físicas das diferentes espécies, indicando competição, o que leva à queda da produção. Desta forma, recomenda-se a intervenção através de podas e desbastes para reduzir esta competição e permitir que a produção das culturas consorciadas volte a ser maior do que o obtido com as mesmas culturas em monocultivos.

O consumo de água em SAFs já vem sendo estudado e alguns trabalhos determinam que, para calcular a lâmina a ser aplicada no sistema, além de se considerar a evapotranspiração de referência do local, é importante verificar a necessidade de cada cultura (Etc). A partir da necessidade hídrica da cultura de maior exigência, sugere-se realizar simulações para determinar a quantidade de água a ser aplicada (GUERRA, 2014). A autora, em seu trabalho abordando manejo de irrigação de SAFs em situação de escassez, sugere que a dinâmica da demanda de água em um SAF varia em 3 fases. Na fase inicial é observada maior competição por água; na fase 2, ou fase de transição, as espécies não competem mais pelo recurso, porém as espécies florestais ainda não contribuem para o aumento efetivo da disponibilidade hídrica do local; já na fase 3, ou fase final, as espécies florestais minimizam os problemas de déficit hídrico iniciais, reduzindo os conflitos pelo uso da água. Conclui-se que a conversão do cultivo da bananeira, passando de monocultura para cultivo em sistemas agroflorestais, possibilitou a redução da demanda total de água por hectare. Para os consórcios entre banana e goiaba, houve variação temporal da demanda de água até o ponto em que a goiaba atinge a fase de floração, estabilizando-se a partir daí. Portanto, o comportamento dessa variação depende da composição de cada consórcio em termos de espécies agroflorestais. A partir do ponto de estabilização desta demanda, desconsiderando-se as variações climáticas, o estabelecimento de um plano de manejo de irrigação seria facilitado.

## Conclusões

Diante da revisão feita, conclui-se que a maior eficiência no uso da água em SAFs biodiversos é mais evidente que em Sistemas Silvopastoris, onde alguns estudos apontam situações de competição entre árvores e forrageiras em situações de precipitação mais escassa, com prejuízo da produtividade da pastagem.



No caso de SAFs biodiversos e multiestratificados, onde a demanda hídrica de cada cultura é bastante variável e depende muito das condições meteorológicas locais, o plano de manejo de irrigação deve considerar essa variação da necessidade hídrica do consórcio como um todo. Portanto, a escolha das espécies para o desenho do SAF, levando em conta a profundidade das raízes e o espaçamento utilizado, deve ser feita diante das condições hídricas do local, bem como da realidade pluviométrica da região.

Prever as respostas ao manejo de irrigação e aos arranjos utilizados depende ainda de mais estudos sugerindo condições locais de cultivos, uma vez que as interações de fatores relacionados à dinâmica da água em SAFs é bastante complexa. Sugere-se ainda integrar estas informações a modelos matemáticos capazes de compilar todo o conjunto de variáveis envolvidas.

### Referências bibliográficas

BELSKY, A. J.; MWONGA, S. M.; AMUNDSON, R. G.; DUXBURY, J. M.; ALI, A. R. Comparative effects of isolated trees on their undercanopy environments in high- and low-rainfall savannas. **Journal of Applied Ecology**, v. 30, p. 143–155, 1993.

BENAVIDES, R.; DOUGLAS, G.B.; OSORO, K. Silvopastoralism in New Zealand: review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. **Agroforestry Systems**, v. 76, p. 327-350, 2009.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1153-1155, 2004.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. de. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, p. 57-60, 2005.

CUNHA, D. A. D., Coelho, A. B., Féres, J. G., Braga, M. J., & Souza, E. C. D. Irrigação como estratégia de adaptação de pequenos agricultores às mudanças climáticas: aspectos econômicos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 2, p. 369-386, 2013.

DULORMNE, M.; SIERRA, J.; BONHOMME, R.; CABIDOCHÉ, Y. M. Seasonal changes in tree-grass complementarity and competition for water in a subhumid tropical silvopastoral system. **European Journal of Agronomy**, v. 21, n. 3, p. 311-322, 2004.





FERNÁNDEZ, M. E., GYENGE, J., LICATA, J., SCHLICHTER, T., & BOND, B. J. Belowground interactions for water between trees and grasses in a temperate semiarid agroforestry system. **Agroforestry Systems**, 74(2), 185-197. 2008.

GUERRA, S. C. S. **Subsídio ao aprimoramento do manejo de irrigação de consórcios agroflorestais em situação de escassez hídrica**. 2014. 104 f. 2014. Tese: de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal Rural do Espírito Santo, Vitória.

KIJNE, J. W.; BARKER, R.; MOLDEN, D. J. **Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement**. Cabi, 2003.

LEHMANN, J., PETER, I., STEGLICH, C., GEBAUER, G., HUWE, B., & ZECH, W. Below-ground interactions in dryland agroforestry. **Forest Ecology and Management**, 111 (2-3), 157-169. 1998.

LIN, B. B. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 150, n. 4, p. 510-518, 2010.

MEIRELLES, L., GONÇALVES, A. L. R., MAGNANTI, N. J., MORAIS, C. M., CARVALHO, P. P. D., SOUSA, J. E. D ; SHAH, R. Respostas às mudanças climáticas. **Agriculturas**, v. 6, n. 1, p. 6-9, 2009.

MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H.; ELLIOTT, E. T. Microclimate and nutrient dynamics in a silvopastoral system of semiarid northeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 56, n. 1, p. 27-38, 2002.

NICODEMO, M. L. F. **Dinâmica da água em sistemas agroflorestais**. Embrapa Pecuária Sudeste, v. 102, p. 36, 2011. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 102).

PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C.. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.465-473, 2000.

PELLEGRINO, G. Q.; AASSAD, E. D.; MARIN, F. R. Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil. **Revista Multiciência**, v. 8, p. 139-162, 2007.

RAO, M.; NAIR, P.; ONG, C. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 38, n. 1, p. 3-50, 1998.



RIBASKI, J. **Sistemas agroflorestais pecuários:** algumas experiências desenvolvidas no Brasil. [s/d]. (2011). Disponível em: <http://www.cienencialivre.pro.br/media/3f126a5cbc9ed337fff81eafffd524.pdf>. Acesso em: 10 out de 2018.

VAN DUIVENBOODEN, N. et al. Cropping systems and crop complementarity in dryland agriculture to increase soil water use efficiency: a review. **NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 48, n. 3, p. 213-236, 2000.

VELASCO-MUÑOZ, J. F., AZNAR-SÁNCHEZ, J. A., BELMONTE-UREÑA, L. J., & LÓPEZ-SERRANO, M. J. Advances in Water Use Efficiency in Agriculture: A Bibliometric Analysis. **Water**, v. 10, n. 4, p. 377, 2018.

VIEIRA, A. R. R., SUERTEGARAY, C. D. O., HELDWEIN, A. B., MARASCHIN, M., & SILVA, A. D. Influência do microclima de um sistema agroflorestal na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 1, p. 91-97, 2003.

ZOMER, R. J., BOSSIO, D. A., TRABUCCO, A., YUANJIE, L., GUPTA, D. C., & SINGH, V. P. Trees and water: smallholder agroforestry on irrigated lands in Northern India (Vol. 122). **IWMI**, 2007.