

O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA: importância, ineficiências e tendências

TEUCLE MANNARELLI FILHO

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (UNESP)

VITÓRIA APARECIDA CARDOSO

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (UNESP)

SUZANA MÁRCIA MARANGONI

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (UNESP)

WAGNER LUIZ LOURENZANI

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (UNESP)

CRISTIANE HENGLER CORRÊA BERNARDO

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (UNESP)

O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA: importância, ineficiências e tendências

1. INTRODUÇÃO

Junto ao desafio de atingir o desenvolvimento sustentável, representado pelos objetivos da Agenda 2030, há também o de alimentar a população mundial, que estará entre 9 e 10 bilhões de pessoas em 2050 (FAO, 2015). Nesse contexto, é necessário aumentar a eficiência na forma de se produzir alimentos para que se possa atender ao aumento da demanda de forma sustentável. Deve-se atentar não somente para o contexto das mudanças climáticas que afetam a produção, mas também para os efeitos negativos que a agricultura causa no meio ambiente. Segundo Godfray (2014), a forma como os alimentos são produzidos atualmente afeta a capacidade de se produzir alimentos no futuro.

Dentre os impactos da produção agrícola no meio ambiente destaca-se a contaminação e o desperdício de água. O crescimento populacional, acompanhado de mudança nos hábitos alimentares, resultou no aumento da demanda por uma maior variedade de produtos, o que leva a uma maior demanda de água para a sua produção. Porém, entre os resultados de uma intensificação produtiva mal gerenciada estão diversos impactos ambientais, sendo a poluição e o desperdício de água alguns deles (MATEO-SAGASTA; ZADEH; TURRAL, 2018).

Considerando a importância de se garantir a oferta de água de qualidade no futuro, verifica-se que dentre os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 está o objetivo 6, que busca “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos” (FAO, 2020b, p. 25). Este objetivo tem entre suas metas “aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água” (FAO, 2020b, p. 25).

Para aumentar a eficiência no uso da água deve-se voltar à atenção para a forma como esse recurso é utilizado pela produção agrícola, já que este é o setor que mais o consome. A agricultura é responsável por cerca de 70% do consumo mundial de água e, quando analisamos especificamente o Brasil, somente a irrigação foi responsável por 66,1% da água consumida em 2018 (FAO, 2015; ANA, 2019). Logo, é necessário que a agricultura produza de maneira eficiente e sustentável e faça uma boa gestão do uso da água.

2. PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVOS

Diante da importância do uso eficiente da água pela agricultura para o atingimento dos ODS, em especial do objetivo 6 da Agenda 2030, e para o atendimento de forma sustentável da demanda mundial de alimentos, este trabalho teve o seguinte problema de pesquisa: É possível fazer o uso eficiente da água na agricultura? Assim, o objetivo geral foi analisar o uso eficiente da água na agricultura. Mais especificamente, buscou-se descrever a importância do uso da água na produção agrícola; caracterizar as ineficiências do uso da água na agricultura e, por fim, apresentar caminhos que mitigam a ineficiência do uso da água na agricultura.

3. FUNDAMENTAÇÃO CONCEITUAL

A preocupação com formas de desenvolvimento mais sustentáveis se acentuou na década de 1970, com a crise do petróleo e o entendimento de que os recursos naturais são finitos. Essa crise trouxe grandes danos econômicos, gerando recessão, inflação e desemprego em diversos países, o que levantou questionamentos sobre os modelos de desenvolvimento adotados até então (PHILIPPI JÚNIOR et al., 2013). Nesse contexto, o desenvolvimento sustentável começa a ganhar destaque. Segundo o relatório “Nosso Futuro Comum”,

publicado em 1987 pela Comissão Brundtland, entende-se por desenvolvimento sustentável aquele que atende as necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de fazerem o mesmo (FAO, 2020a; CMMAD, 1991).

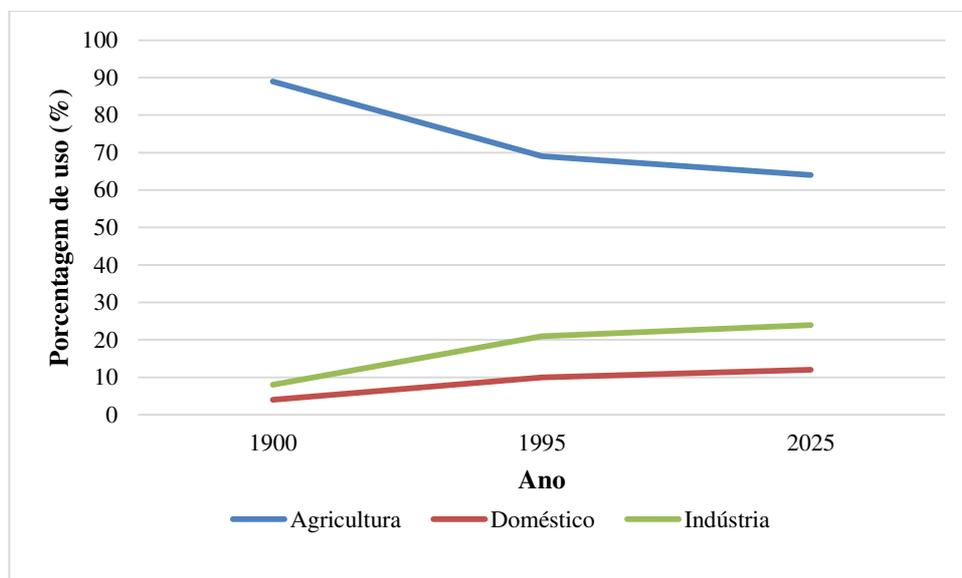
Ao longo dos anos, diversos movimentos têm sido realizados a fim de se buscar o desenvolvimento sustentável. Cabe destacar a Agenda 21 em 1992, a Agenda dos Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM) em 2000, a Rio +10 em 2002 e a Rio +20 em 2012, que criaram a base institucional para a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, realizada em Nova York. Nesse contexto surgiu o documento “Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável”, que se divide em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, e busca contribuir para que o desenvolvimento sustentável seja atingido (JANNUZZI; DE CARLO, 2018). Para cumprir essa agenda, todos os agentes interessados e os países atuam de forma colaborativa. Busca-se, por meio da Agenda 2030, erradicar a pobreza, tornar mais forte a paz e a liberdade em âmbito mundial, bem como proteger o planeta (FAO, 2020b).

4. DISCUSSÃO

4.1. A importância do uso da água na produção agrícola

O Gráfico 1 mostra a evolução do uso da água em escala global, dividido em uso doméstico, agricultura e industrial. É possível perceber uma redução no uso agrícola a partir de 1900 e um crescimento nas demandas por água para uso doméstico e industrial. O decréscimo percentual do uso de água pela agricultura pode representar um aumento de eficiência no uso do recurso pelo setor. Entretanto, a relevância do consumo na atividade agropecuária é evidente.

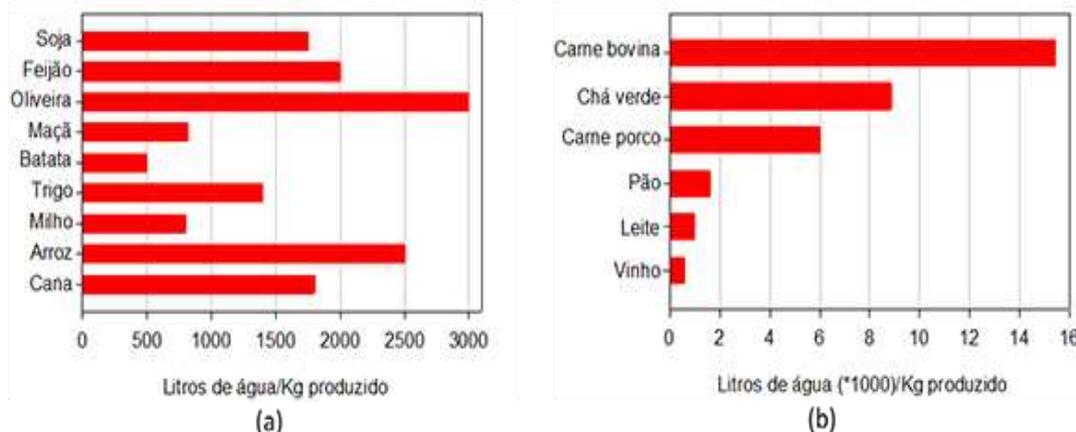
Gráfico 1 - Dinâmica do uso da água em escala global



Fonte: adaptado de Petry (2020).

A mudança de padrão no consumo de alimentos ao longo do tempo, segundo Hoeskstra et al. (2007), representa importante fator no consumo de água doce; uma vez que diferentes tipos de alimentos possuem padrões diversos no consumo de água na sua produção, como pode ser observado na Figura 3 e no Quadro 1.

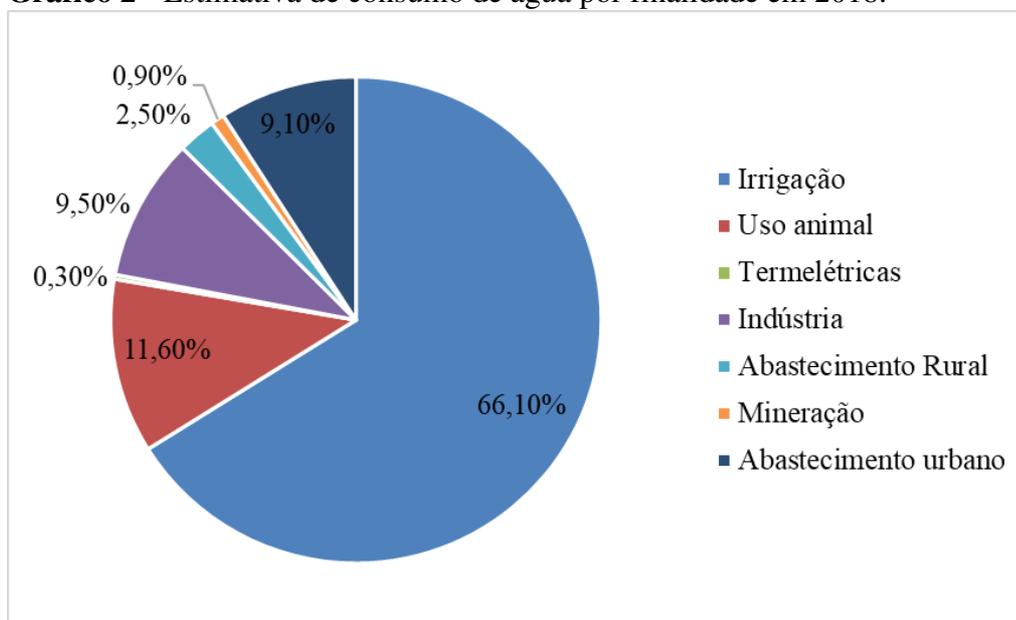
Figura 3 - Volume de água (litros/kg) necessário para a produção de alimentos e derivados.



Fonte: adaptado de FAO (2011).

Quando analisamos a forma como a água é consumida na agricultura, observa-se que a irrigação se destaca. A irrigação utilizada na produção de alimentos se constitui como a principal fonte consumidora de água doce renovável no planeta (WWAP, 2012; WWAP 2014). Segundo ANA (2019), do total de 1.101 m³/s de água consumida no Brasil em 2018, 66,1% foi destinado apenas à irrigação, sendo ela a maior responsável pelo consumo de água também em âmbito nacional. Após a irrigação, o uso animal, com 11,6% e a indústria, 9,5%, são os maiores consumidores de água no país, conforme a Gráfico 2.

Gráfico 2 - Estimativa de consumo de água por finalidade em 2018.



Fonte: adaptado ANA (2019)

Algumas técnicas de irrigação podem garantir o uso mais racional da água e uma maior eficiência na aplicação. Estas técnicas, como irrigação localizada, aspersão, micro aspersão, sub irrigação evitam o desperdício por meio da aplicação da quantidade de água necessária e no local correto (BERNARDO, 1989).

Existem quatro métodos diferentes de irrigação, que correspondem à forma como a água é aplicada à cultura. São eles os métodos de superfície, aspersão, localizada e

subterrâneo. Cada um deles se desdobra em pelo menos dois sistemas de irrigação. No método por superfície, a distribuição da água ocorre por meio da gravidade na superfície do solo. Ela se divide em irrigação por sulcos e inundação, ou em sistemas em declive ou em nível (ANDRADE, 2001).

No método por aspersão, jatos de água são lançados no ar e caem sobre a produção e, entre as suas variações, estão à aspersão convencional e a mecanizada. No sistema de irrigação localizada, por sua vez, a água é aplicada em apenas uma parte do sistema radicular das plantas. Esse método tem entre suas variações as formas de gotejamento e microaspersores (ANDRADE, 2001). No método de irrigação subterrânea, por sua vez, a água é aplicada abaixo da superfície do solo. Esse método se divide em gotejamento subterrâneo ou subsuperficial e elevação do lençol freático (TESTEZLAF, 2017).

Segundo dados do Censo Agropecuário de 2017, o Brasil contém cerca de 5 milhões estabelecimentos agropecuários, que ocupam aproximadamente 351 milhões de hectares. Desse total, 502 mil unidades trabalham com sistemas de irrigação, e ocupam 6,7 milhões de hectares, o que corresponde, respectivamente, a 9,9% do total de estabelecimentos agropecuários e 1,9% da área voltada a agropecuária no país (IBGE, 2019). A Tabela 1 apresenta o número e a área irrigada dos estabelecimentos agropecuários nacionais, por método de irrigação.

Tabela 1 – Número de estabelecimentos agropecuários e área irrigada por método de irrigação no Brasil em 2017.

Método de irrigação	Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação		Área irrigada dos estabelecimentos agropecuários	
	Unidades	%	Hectares	%
Irrigação localizada - gotejamento	139.550	27,8%	1.017.358	15,2%
Irrigação localizada - microaspersão	104.217	20,7%	557.542	8,3%
Irrigação localizada - outros métodos	5.977	1,2%	25.899	0,4%
Irrigação por superfície - inundação	21.146	4,2%	1.398.506	20,9%
Irrigação por superfície - sulcos	11.370	2,3%	89.599	1,3%
Irrigação por superfície - outros métodos	3.006	0,6%	79.494	1,2%
Irrigação por aspersão - autopropelido/carretel enrolador	5.551	1,1%	745.532	11,1%
Irrigação por aspersão - pivô central	10.369	2,1%	1.420.521	21,2%
Irrigação por aspersão - aspersão convencional	115.641	23,0%	1.077.876	16,1%
Outros métodos de irrigação - subsuperficial	8.817	1,8%	45.659	0,7%
Outros métodos de irrigação - molhação	124.533	24,8%	236.258	3,5%
Total	502.379	100,0%	6.694.245	100,0%

Fonte: adaptado de IBGE (2017).

Como pode ser visto na Tabela 1, os métodos de irrigação localizada por gotejamento e micro aspersão, e o método por aspersão convencional e molhação, representam aproximadamente 80% dos sistemas utilizados para irrigação em número de estabelecimentos agropecuários. O método de irrigação localizada é o que predomina no país, estando presente em 49,7% das propriedades, seguido do método de irrigação por aspersão, utilizado em 26,2% das propriedades com sistema de irrigação.

O método de irrigação localizada tem sido crescentemente adotado devido a sua capacidade de atingir maior eficiência no uso da água, aumentando a produtividade e a qualidade do produto, reduzindo o consumo de água e diminuindo as perdas. Esse método se

caracteriza pela aplicação de pequenas quantidades de água com alta frequência, e é adotado em situações em que o volume de água disponível é limitado e os solos são considerados salinos, pedregosos ou com topografia acidentada (TESTEZLAF, 2017).

A irrigação localizada normalmente é utilizada em produções de frutas em geral, como citros, manga, melão, abacate, uva, morango, entre outros, bem como na produção de flores e plantas ornamentais (TESTEZLAF, 2017). Esse método permite que sejam aplicados alguns fertilizantes e defensivos, aumentando o potencial de produtividade, mas sob o risco de contaminação do solo e do lençol freático. Seu custo inicial é relativamente alto, mas apresenta um elevado grau de automação e é pouco dependente de mão de obra (ANDRADE, 2001).

Quando analisamos a área irrigada por diferentes sistemas de irrigação, pode-se constatar que os sistemas por aspersão de pivô central, inundação de superfície, aspersão convencional e gotejamento; representam aproximadamente 70% do total da área irrigada no Brasil. O método por aspersão e suas variações é responsável por ocupar a maior área irrigada nacional, com 48,5% do total (Tabela 1).

O método de irrigação por aspersão tem entre suas vantagens o fato de ser facilmente adaptável a variadas condições de solo, culturas e topografia e poder ser transportado de uma área para outra. Já entre suas limitações está a sensibilidade às condições climáticas, como vento e umidade relativa, além de poder favorecer o aparecimento de doenças em algumas culturas e prejudicar tratamentos fitossanitários (ANDRADE, 2001).

Segundo a CONAB (2015), 95% produção de grãos no Brasil provem de uma agricultura não irrigada, denominada sequeiro, que ao longo dos anos vem obtendo avanços significativos de produtividade, não em função de irrigação, mas com melhoramento tecnológico e genético. A irrigação, quando introduzida nestas produções, consegue elevar ainda mais a produtividade das culturas.

4.2. Os aspectos das ineficiências e impactos do uso da água na agricultura

Em 2050, a agricultura ainda será o setor que mais utiliza água, sendo responsável por mais da metade do uso desse recurso. É o setor que mais sofre com a escassez de água. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) (2019), no Brasil, a agricultura é o setor que mais utiliza água doce, e desse montante, quase 50% são desperdiçados (FAO, 2019).

Espera-se que nos próximos anos a crescente demanda por água pelas cidades e indústrias, bem como alterações ligadas ao meio ambiente, fará com que a quantidade de água disponível para a agricultura diminua. Em muitos locais, os agricultores precisarão aprender a lidar com uma menor quantidade de água disponível para irrigação, ao mesmo tempo em que a demanda por seus produtos cresce (FAO, 2015).

Em algumas regiões, como Sul e Leste da Ásia, norte da África e América do Norte e Central, os aquíferos estão em declínio, pois a tomada de água é maior do que a sua capacidade de recarga natural. Em outras regiões, a agricultura intensiva, bem como o desenvolvimento da indústria e das cidades, aumentam a poluição dos corpos hídricos (FAO, 2015). Logo, além de se tornar mais eficiente, a agricultura precisará ser mais sustentável e resiliente para conseguir lidar com menos água disponível para a sua produção.

Os sistemas agrícolas são responsáveis por grande parte da degradação ambiental do planeta. Neste âmbito, a drenagem agrícola tem sido um dos problemas que contribuíram para a diminuição da água no mundo, além de ter prejudicado a sua qualidade, agravando a crise de tal recurso (MATEO-SAGASTA; ZADEH; TURRAL, 2018).

Mesmo a agricultura de sequeiro, onde não se irriga as plantações ou se faz pouco uso da água para isso, há uma estimativa da utilização, no Brasil, de 8,1 milhões de litros de água por segundo, em média, de acordo com um levantamento feito pela Agência Nacional de Águas (ANA) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As culturas de

sequeiro foram sujeitas a 37% de déficit hídrico médio de água durante o período crítico de desenvolvimento das plantas e cerca de 7% de déficit quando próximas da colheita (ANA, IBGE, 2020).

Além dos problemas citados, somam-se a eles a falta de treinamento e preparo no manejo e controle de irrigação, principalmente em países e regiões onde o nível tecnológico é baixo. Isso ocasiona maiores custos na produção, além dos problemas ambientais causados pelo comprometimento da água em termos de quantidade e qualidade (MAROUELLI et al., 2011).

A escassez de água no planeta se dá não apenas pela menor quantidade, mas também pela sua deterioração progressiva nas bacias, o que reduz a água de consumo seguro à saúde (MATEO-SAGASTA; ZADEH; TURRAL, 2018). Além da escassez hídrica quantitativa, que representa uma quantidade insuficiente de água disponível para cada habitante e frequente em diversos países e regiões, a escassez hídrica qualitativa consiste em um outro problema no tocante à água (CHRISTOFIDIS, 2013).

A escassez hídrica qualitativa ocorre quando a água é contaminada pela poluição química, térmica e microbiológica da água, tornando-a imprópria para o consumo e outras utilizações. Isso pode ocorrer por meio do lançamento de resíduos de esgoto sanitário, em áreas urbanas e resíduos líquidos provenientes de indústrias e agroindústrias. Metais pesados levados pelos sistemas de esgoto das cidades, resíduos vindos da exploração agrícola (sequeiro e irrigação) e da pecuária, além de outros resíduos, acabam por contaminar os corpos d'água, tornando o bem mais precioso do planeta um grande risco à saúde e à vida (CHRISTOFIDIS, 2013).

A poluição da água pode reduzir a quantidade e qualidade disponíveis desse recurso, além de aumentar os custos de seu tratamento. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), 10% das doenças globais advêm da água poluída. Além disso, danos aos ecossistemas, pesca e recreação também podem ser somados a esse problema (FAO, 2011).

De acordo com a FAO (2018), o aumento da produção agrícola mundial foi alcançado pelo emprego de pesticidas e fertilizantes químicos, além da expansão das terras destinadas à agricultura. Em muitos países, os nitratos provenientes da agricultura são os principais poluentes químicos dos aquíferos subterrâneos, representando um grande ameaça para a saúde humana e também para os ecossistemas.

Apesar de ser grave, é um problema subestimado pelos agricultores e responsáveis pelas políticas públicas. Um dos efeitos negativos sobre a saúde humana é a metahemoglobinemia, conhecida como síndrome do bebê azul, uma doença considerada altamente fatal para recém-nascidos, causada pela concentração de pesticidas na água e nos alimentos. Essa doença fez com que alguns pesticidas fossem proibidos na agricultura, porém, outros continuam a ser usados em países mais pobres (FAO, 2018).

Além da humanidade, os sistemas aquáticos sofrem com a poluição agrícola, como a concentração de nutrientes em lagos, afetando a pesca e a biodiversidade. A própria agricultura padece com o problema, tendo que lidar com assoreamento de barragens, causados pela erosão, além da irrigação com água salina ou salobra, prejudicando várias regiões do mundo. A poluição por nitrogênio, por sua vez, oriunda também da poluição agrícola, tem causado prejuízos associados à contaminação dos sistemas aquáticos e aos problemas de saúde causados ao ser humano (FAO, 2018).

Na União Européia, 38% das massas de água estão comprometidas em função da poluição agrícola. Nos Estados Unidos, a agricultura constitui a principal causa de poluição dos rios e córregos, a segunda fonte da contaminação de áreas úmidas e terceira fonte da poluição dos lagos. Na China, corresponde à maior causadora da poluição das águas superficiais e é praticamente a principal fonte de contaminação por nitrogênio das águas subterrâneas (FAO, 2017).

4.3. Caminhos para aumentar a eficiência no uso da água na produção agrícola

A água é extremamente importante para a produção agrícola, e sua escassez ou ausência pode comprometer a sustentabilidade dos sistemas produtivos, levando a uma queda de produtividade e renda. Além dos danos econômicos, a falta de água pode afetar significativamente as dimensões sociais e ambientais da agricultura sustentável. Uma possível resposta para a escassez de água são os sistemas produtivos resilientes e sustentáveis, que lidam com a pouca disponibilidade desse recurso por meio do aprendizado e adaptação, conservando assim sua estrutura (MALEKSAEIDI; KARAMI, 2013).

Um sistema produtivo sustentável é aquele capaz de lidar com crises e manter sua capacidade de produzir ao longo do tempo, sem se comprometer, ou comprometer o bem-estar social e do meio ambiente. Um fator intrínseco à sustentabilidade na agricultura é a resiliência, pois esta é capaz de fazer com que os sistemas produtivos conservem suas funções ao longo do tempo (MALEKSAEIDI; KARAMI, 2013). Quando se trata de escassez de água, essa resiliência é muito importante, pois a água é um dos principais fatores que pode afetar o crescimento e a produtividade das plantas, já que a fotossíntese somente ocorre por meio da perda considerável de água, ou seja, cerca de 300 a 500 litros por 1 kg de carbono (GAUFICHON; PRIOUL; BACHELIER, 2010).

Entre as estratégias para aumentar a resiliência na agricultura para lidar com questões relativas à escassez de água está a diversificação dos meios de vida, da produção e espacial (MALEKSAEIDI; KARAMI, 2013). A diversificação produtiva se refere à integração de diferentes culturas nos sistemas produtivos, valorizando a biodiversidade natural com fins agrícolas e com controle biológico da conservação (WEZEL et al., 2014).

A diversificação se coloca como uma alternativa, já que um dos maiores desafios encontrados pelas monoculturas está em lidar com os problemas decorrentes de anos de práticas agrícolas que colocam grande pressão no meio ambiente, gerando problemas como a erosão e a perda de fertilidade dos solos; assoreamento dos cursos d'água; poluição do solo e da água, além da emissão de gases de efeito estufa (VILELA; MARTHA JUNIOR; MARCHÃO, 2012).

É necessário que os sistemas produtivos busquem adotar formas de produzir mais sustentáveis que tenham entre os seus benefícios o uso eficiente da água. Entre essas diferentes formas de produção, está à integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), que é uma estratégia que tem como objetivo a produção sustentável, por meio da integração de atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma determinada área, com cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado (BALBINO; BARCELLOS; STONE, 2011).

As práticas agroecológicas de agricultura também são uma importante forma de diminuir os impactos negativos da produção agrícola na água. Essas práticas buscam produzir quantidades significativas de alimentos utilizando processos ecológicos e os serviços ecossistêmicos, os considerando elementos fundamentais no desenvolvimento das técnicas produtivas (WEZEL et al., 2014).

Logo, essas práticas não somente se baseiam em técnicas comuns como fertilizantes químicos, pesticidas e soluções tecnológicas. Essas práticas ajudam a melhorar a sustentabilidade dos sistemas produtivos, ao mesmo tempo em que fazem uso de vários processos ecológicos e serviços ecossistêmicos, como a ciclagem de nutrientes, fixação biológica de N, conservação do solo e da água, sequestro de carbono, entre outros (WEZEL et al., 2014).

A agricultura familiar também merece destaque quando se trata de sistemas produtivos sustentáveis. Ela não apenas produz parte significativa dos alimentos, mas também desempenham diversos papéis importantes para a sociedade, como a garantia de sustentabilidade dos agro ecossistemas, manutenção das paisagens, e a transmissão de conhecimentos tradicionais, cultura e valores sociais. Devido às suas características, os

agricultores familiares são capazes de tornar os sistemas produtivos mais sustentáveis e mais resilientes às mudanças climáticas, preservando a biodiversidade, o meio ambiente e a cultura (FAO, 2019).

Eles também tendem a utilizar de forma mais eficiente a água do que os agricultores não familiares (PIEDRA-MUÑOZ et al., 2018). Muitos buscam otimizar o uso desse recurso a fim de reduzir os custos de produção. Outro fator que também leva esses agricultores a produzirem de forma mais sustentável é que aqueles que pretendem deixar a propriedade para seus filhos adotam uma visão de longo prazo, atentando-se para as necessidades das futuras gerações e a sustentabilidade da fazenda da família (PIEDRA-MUÑOZ et al., 2018).

As técnicas produtivas e as formas de manejo do solo utilizadas são importantes para otimizar o uso de água pelas plantações. Elas influenciam as taxas de erosão hídrica ocorridas em um solo, expondo-o a diferentes intensidades do impacto das gotas de chuva e à ação de enxurradas, podendo levar a erosão, que causa degradação da estrutura do solo, perdas de água, nutrientes e matéria orgânica e diminuição da fertilidade química, física e biológica (OLIVEIRA et al., 2012).

Certas técnicas produtivas, como o plantio direto, associado ao uso de herbicidas, adaptação ao tipo de solo e à espécie semeada, a manutenção de matéria orgânica do solo, são maneiras de preservar as reservas de água subterrâneas (GAUFICHON; PRIOUL; BACHELIER, 2010). O sistema de plantio direto é uma técnica de cultivo em que o plantio é feito sem antes realizar o preparo convencional da aração e da gradagem. O solo é sempre mantido coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais, com o fim de proteger o solo do impacto da chuva, do escoamento superficial e das erosões hídrica e eólica (CRUZ et al., 2020).

A gestão dos nutrientes também pode contribuir significativamente para o aumento da eficiência no uso da água, pois reduz os efeitos negativos da seca e utiliza melhor a quantidade limitada disponível desse recurso. Com a aplicação de nutrientes como N, K, Mg, B, Zn e Si, a toxicidade de espécies reativas de oxigênio (ERO) que são geradas em situação de pouca água é diminuída, aumentando o número de antioxidantes como superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POD) presentes nas células dos vegetais (WARAICH et al., 2011).

Tais antioxidantes são capazes de eliminar a ERO, além de diminuir a foto-oxidação, conservar a membrana dos cloroplastos e aumentar a taxa fotossintética, levando a um uso mais eficiente da água. Nutrientes como P, K, Mg e Zn contribuem para o crescimento das raízes, o que, por sua vez, aumenta a ingestão de água. As aplicações de K, Ca e Cl contribuem para a manutenção do potencial hídrico tecidual das culturas, melhorando o uso da água em situações de escassez. Já os micronutrientes como Fe, B, Mn e Mo reduzem os efeitos negativos da seca de forma indireta, por meio do incentivo aos processos fisiológicos, bioquímicos e metabólicos das plantas (WARAICH et al., 2011).

O melhoramento genético das plantas para que estas se tornem menos dependentes de água também é um importante instrumento para o aumento da eficiência no uso desse recurso. Por meio da evolução, as plantas desenvolveram mecanismos de adaptação às situações de estresse hídrico. Elas sobreviveram devido à sua capacidade de adequar suas necessidades de água às condições ofertadas pelo clima da região. Tais mecanismos de adaptação são estudados para que possam ser condicionados, melhorando assim a eficiência no uso da água (GAUFICHON; PRIOUL; BACHELIER, 2010).

O reuso de águas residuais pela agricultura é também uma alternativa para tornar mais eficiente o uso da água, sendo visto como um caminho não nocivo ao meio ambiente e localmente dependente, o que é algo importante já que em momentos de seca a confiabilidade de alternativas distantes de suprimento diminui significativamente. As águas residuais, quando tratadas para atingir os níveis necessários de qualidade demandados por culturas

específicas, pode se constituir em um recurso valioso para a agricultura (TRAN; SCHWABE; JASSBY, 2016).

A tecnologia também pode ser usada para melhorar o uso da água pela agricultura. A internet das coisas (IoT) na agricultura pode ser utilizada de diferentes maneiras, estando entre elas certos dispositivos. Esses dispositivos requerem conectividade sem fio, e consistem em sistemas integrados que interagem com sensores e atuadores. Eles são capazes de monitorar diferentes variáveis que afetam a produção, como o clima e os nutrientes do solo. Entre esses sensores estão os sensores mecânicos, como os tensiômetros utilizados para identificar a capacidade das raízes em absorverem água e, portanto, a necessidade de intervenções e irrigação (ELIJAH et al., 2018).

Os dados trazidos por esses sensores se constituem em oportunidades de aprendizado e contribuem para a tomada de decisões em um ambiente no qual as condições ambientais se encontram em constante mudança. Ao oferecerem informações confiáveis, esses instrumentos dão subsídios para o planejamento de curto, médio e longo prazo. Entre as informações trazidas estão às condições ideais para o cultivo de uma determinada safra, com o acompanhamento de dados sobre os nutrientes, desenvolvimento, transpiração e cor das plantas e pragas (ELIJAH et al., 2018).

O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) na agricultura de precisão têm, entre seus diversos usos, o de auxílio na gestão de estresse hídrico na agricultura. Eles são capazes de oferecer imagens térmicas por meio da tecnologia de sensoriamento remoto usado para verificar o estresse hídrico das plantas. Os VANT podem ser utilizados para determinar o status de água nas plantas de diversas espécies e culturas, sendo uma ferramenta que contribui para o uso eficiente da água na produção agrícola (GAGO et al., 2015). Porém, destaca-se que essas tecnologias não são acessíveis para todos os produtores, sendo necessário que medidas sejam tomadas para que tenham um preço pelo qual os pequenos agricultores possam pagar (ELIJAH et al., 2018).

As políticas públicas desempenham um papel fundamental em todo esse contexto. É necessário que o governo faça investimentos em infraestrutura, como na modernização de irrigação e sistemas de drenagem, e em serviços que levem mais conhecimento aos pequenos agricultores sobre práticas produtivas sustentáveis, bem como facilitem seu acesso a alguns insumos essenciais. Isso envolve, por exemplo, a criação de programas de extensão que treinem os agricultores para o desenvolvimento de diferentes culturas, bem como formas de agregar valor em sua produção (FAO, 2015).

Quando analisamos as políticas públicas que contribuem especificamente para a preservação da água no Brasil, cabe destacar o Plano de Águas de Recursos Hídricos (PNRH), também conhecido como Plano de Águas do Brasil. Ele foi instituído pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos por meio da Resolução nº 58, em janeiro de 2006. Esse plano teve como base um conjunto de debates públicos que contou com a participação de mais de 7 mil atores ligados à gestão hídrica e ambiental do país (MMA, 2011).

Outra ferramenta da política pública que contribui para a preservação dos recursos naturais, o que envolve a água, é a ferramenta de Zoneamento Agrícola de Risco Climático. O zoneamento climático diminui a vulnerabilidade da produção agrícola aos riscos climáticos, quantificando e mapeando as áreas nas quais as culturas de sequeiro melhor se adaptam, considerando características climáticas e a distribuição pluviométrica. O Brasil, devido à sua grande dimensão territorial, lida com adversidades climáticas que impactam nas variadas produções agrícolas, como seca, granizo, geadas, vendaval e excesso de precipitação, o que faz com que políticas como essas sejam importantes para a produção nacional (EMBRAPA, 2020).

Além de políticas públicas, as instituições também podem contribuir para o uso racional na água. No Brasil, a gestão dos recursos hídricos abrange uma política de diretrizes

gerais, com uma estruturação legal e institucional, pelos quais os diversos organismos envolvidos, quer sejam públicos ou privados possam planejar a utilização responsável da água (FEITOSA, 2008).

Entre as leis que tratam sobre a água, cabe citar a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, bem como o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). Além dessa lei, há também a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que trata da classificação dos corpos de água (CONAMA, 2005).

Sempre considerando um embasamento legal, a implantação dos sistemas de irrigação e a utilização da água na produção agrícola devem submeter-se aos limites estabelecidos nos Comitês de Bacias Hidrográficas; em que se insere o conceito de Outorga e Cobrança pela água que vai ser utilizada. Este é um importante instrumento para a racionalização e conservação da água, e ao mesmo tempo incentiva a utilização de tecnologias de irrigação mais eficientes e produtivas (PAZ, TEODORO, MENDONÇA, 2000).

A ANA exerce ainda um papel fundamental na regulação e organização dos dados referentes ao uso de águas no Brasil. Ela foi criada pela Lei 9.984/2000, como uma agência reguladora dedicada a cumprir os objetivos da Lei das Águas do Brasil, a Lei 9.433 de 1997, que segue basicamente quatro linhas principais de ação. A primeira delas diz respeito à regulação do acesso e uso dos recursos hídricos de domínio da União, que representam os rios que fazem divisas com outros países ou passam por mais de um Estado; fiscalizando o cumprimento de normas, as outorgas e fiscalização da segurança de barragens outorgadas (ANA, 2020).

Existe a linha de ação que diz respeito ao monitoramento da situação dos recursos hídricos, coletando e organizando as informações de nível, vazão, pluviometria e sedimentos, em colaboração com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) para definir as regras operacionais das usinas hidroelétricas; aplicação da Lei, na coordenação e implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, e seus projetos e programas, conjuntamente com os órgãos gestores estaduais na instalação de comitês e agências de bacias hidrográficas e planejamento de estudos estratégicos relativos às bacias hidrográficas e recursos hídricos nacionais, e estabelecimento de parcerias com instituições órgãos do poder público em geral (ANA, 2020).

Além das políticas públicas e das instituições, as demais medidas citadas anteriormente também devem ser adotadas, a fim de que a agricultura se torne mais eficiente no uso de água. O Quadro 2 apresenta uma síntese das principais ideias discutidas nesta sessão. Como demonstrado quadro, é importante que existam incentivos para a adoção de sistemas produtivos mais sustentáveis e resilientes, o que envolve a iLPF e outras produções diversificadas. O incentivo a tecnologias, como os dispositivos da IoT, são capazes de auxiliar na gestão do uso da água, também pode contribuir para a otimização do uso desse recurso. Nesse contexto, as políticas públicas desempenham um papel fundamental.

Quadro 2 - Formas de aumentar a eficiência no uso da água na agricultura.

Ação		Descrição	Fontes
Formas de agricultura mais resilientes e sustentáveis	Diversificação da produção	Integração de diferentes culturas em um determinado sistema produtivo	Maleksaeidi e Karami (2013), Wezel et al. (2014), Vilela, Martha Junior e Marchão (2012)
	Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)	Busca a produção sustentável por meio da integração de atividades produtivas agrícolas, pecuárias e florestais.	Balbino, Barcellos e Stone (2011), Vilela, Martha Junior e Marchão (2012).
	Agricultura familiar	Capaz de produzir alimentos de forma sustentável, contribuindo para a manutenção do meio ambiente e recursos naturais.	FAO (2019) Piedra-Munõz et al., (2018).
Técnicas e práticas produtivas	Plantio direto	Plantio realizado sem realizar a aração e a gradagem. O solo é coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais	Gaufichon, Prioul e Bachelier (2010), Cruz et al. (2020), Oliveira et al. (2012), Teófilo et al. (2012).
	Gestão de nutrientes	A aplicação dos nutrientes corretos pode diminuir os efeitos negativos da seca e otimizar o uso da água	Waraich et al. (2011)
	Práticas agroecológicas de agricultura	Buscam produzir alimentos utilizando como base os processos ecológicos e os serviços ecossistêmicos	Wezel et al. (2014)
	Reuso de água	Tratamento de águas residuais para uso na agricultura	Tran, Schwabe e Jassby (2016).
Tecnologia	Melhoramento genético das plantas	Condicionar os mecanismos de adaptação das plantas para que lidem melhor em situações de estresse hídrico.	Gaufichon, Prioul e Bachelier (2010), Sadok e Sinclair (2011)
	Internet das coisas (IoT)	Dispositivos com conectividade sem fio, com sistemas que integram sensores e atuadores que monitoram a produção.	Elijah et al. (2018)
	Veículos aéreos não tripulados (VANT)	Capazes de monitorar o status de água nas plantas de diversas espécies e culturas.	Gago et al. (2015), Elijah et al. (2018)
Ação governamental	Políticas públicas e legislação	Podem possibilitar o acesso a infraestrutura e conhecimento, bem como o estabelecimento de leis de preservação do recurso e monitoramento de seu uso	FAO (2015) MMA (2011) EMBRAPA (2020) Feitosa (2008) Paz, Teodoro e Mendonça (2000) ANA (2020)

Fonte: elaborado pelos autores.

Segundo o documento “*Towards a water and food secure future: Critical perspectives for policy-makers*” da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), em 2050 provavelmente haverá água e alimentos suficientes em nível mundial. Mas, para tanto, é necessário que políticas públicas apropriadas sejam adotadas, bem como investimentos adequados em infraestrutura e em instituições. Os formuladores de políticas devem despender esforços para que água e alimento sejam acessíveis para todos no futuro, bem como continuar

investindo para que os pequenos agricultores tenham acesso aos recursos necessários para sua subsistência (FAO, 2015).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste estudo é possível observar que a agricultura é responsável, em nível mundial, por cerca de 70% do consumo de água. Quando se analisa especificamente o Brasil, observa-se que 66,10% da água consumida em 2018 foi voltada apenas para a irrigação.

Porém, observou-se que, apesar de a água ser um recurso essencial para a agricultura, existem ineficiências no seu uso. A produção agrícola prejudica a qualidade da água disponível no planeta, por meio da poluição de nitratos provenientes da agricultura, entre outras substâncias, causando danos à saúde humana e também aos ecossistemas.

Para que seja possível alimentar a população mundial em 2050, será necessário aumentar a produção agrícola de forma eficiente. Além disso, é necessário incentivar sistemas produtivos sustentáveis e resilientes, capazes de produzir sem causar grandes danos ao meio ambiente, bem como lidar com as mudanças climáticas que estão por vir. Investimentos em tecnologias, como sensores e demais dispositivos da IoT também são capazes de contribuir para o aumento da eficiência no uso da água.

Por fim, considera-se que as políticas públicas devem apoiar as mudanças necessárias para que seja alcançado um padrão produtivo mais sustentável, realizando investimentos em infraestrutura e em programas de extensão para os agricultores, principalmente os mais carentes, de forma que esses tenham acesso aos recursos e conhecimento necessário para se alcançar uma agricultura mais sustentável no futuro.

REFERÊNCIAS

(ANA) Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019:** informe anual. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>. Acesso em: 29 maio 2020.

(ANA) Agência Nacional de Águas. **Institucional.** Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aceso-a-informacao/institucional>. Acesso em: 19 jun. 2020.

(ANA) Agência Nacional de Águas; (IBGE) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Uso da água na agricultura de sequeiro no Brasil (2013-2017).** Brasília: ANA, 2020.

(CMMAD) Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum.** 2. ed. Fundação Getúlio Vargas: Rio de Janeiro, 1991.

(CONAMA) Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, De 17 de Março de 2005.** Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> Acesso em: 15 jul. 2020.

(EMBRAPA) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento agrícola de risco climático:** instrumento de gestão de risco utilizado pelo seguro agrícola do Brasil. Acesso em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Zoneamento_agricola_000fl7v6vox02wyiv80isperruh04mek.pdf. Acesso em: 20 jun. 2020.

(FAO) Food and Agriculture Organization of the United Nations. **A ONU e o meio ambiente**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 05 maio 2020a.

(FAO) Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO alerta para a contaminação da água por práticas agrícolas insustentáveis no mundo**. Brasil, 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/fao-alerta-para-contaminacao-da-agua-praticas-agricolas-insustentaveis-mundo/>. Acesso em: 24 maio 2020.

(FAO) Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Towards a water and food secure future: Critical perspectives for policy-makers**. World Water Council, p. 1–76, 2015.

(FAO) Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2020b.

(FAO) Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Water pollution from agriculture: a global review**. Rome, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i7754e.pdf>. Acesso em: 05 maio 2020.

(IBGE) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário de 2017: Tabela 6858 - Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação e Área irrigada dos estabelecimentos agropecuários, por tipologia, método utilizado para irrigação, condição do produtor em relação às terras, origem da orientação técnica recebida e grupos de atividade econômica**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6858>>. Acesso em: 29 maio 2020.

(IBGE) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf>. Acesso em: 31 maio 2020.

(MMA). Ministério do Meio Ambiente. **Políticas de águas e Educação Ambiental: processos dialógicos e formativos em planejamento e gestão de recursos hídricos**. Brasília: MMA, 2011. Acesso em: https://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao04102011025132.pdf. Acesso em: 20 jun. 2020.

ANDRADE, C. de L. T de. Seleção do Sistema de Irrigação. **Circular técnica**. Sete Lagoas, dez. 2001. Disponível em: <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/milho/circular_14-selecao_do_sistema_de_irrigacao.pdf>. Acesso em: 31 maio 2020.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1989.

BRASIL. **Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o

inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%209.433%2C%20DE%208%20DE%20JANEIRO%20DE%201997.&text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de,o%20inciso%20XIX%20do%20art.&text=1%C2%BA%20da%20Lei%20n%C2%BA%208.001,28%20de%20dezembro%20de%201989. Acesso em: 15 jul. 2020.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 115-127, 2013.

CONAB. **Levantamento de Safra. 2015**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>. Acesso em: 04 maio 2020.

CRUZ, J. C. et al. **Sistema de plantio direto de milho**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html. Acesso em: 31 maio 2020.

ELIJAH, O. et al. **An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges**. n. June, 2018.

FAO, F. AND A. O. OF THE U. N. **Putting family farmers at the centre to achieve the SDGs**. p. 1–28, 2019.

FAO. The state of the world's land and water resources for food and agriculture. **Managing systems at risk**. New York, 2011.

FAO. Towards a water and food secure future: Critical perspectives for policy-makers. **World Water Council**, p. 1–76, 2015.

FEITOSA, F. A. C. et al. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM/LABHID, 2008, p. 725-742.

GAGO, J. et al. UAVs challenge to assess water stress for sustainable agriculture. **Agricultural Water Management**, v. 153, p. 9–19, 2015.

GAUFICHON, L.; PRIOUL, J.-L.; BACHELIER, B. **What are the prospects for genetic improvement in drought-tolerant crop plants?** [s.l.] Fondation pour l'agriculture et la ruralité dans le monde, 2010.

GODFRAY, H. C. J. The challenge of feeding 9-10 billion people equitably and sustainably. **Journal of Agricultural Science**, v. 152, n. 2014, p. S2–S8, 2014.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. **Water Resource Manage**, v.21, p.35-48.

JANNUZZI, P. de M; DE CARLO, S. Da agenda de desenvolvimento do milênio ao desenvolvimento sustentável: oportunidades e desafios para planejamento e políticas públicas no século XXI. **Bahia Análise & Dados**. Salvador, v. 28, n. 2, p. 6-27, 2018.

MALEKSAEIDI, H.; KARAMI, E. Social-ecological resilience and sustainable agriculture under water scarcity. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 37, n. 3, p. 262–290, 2013.

MATEO-SAGASTA, J.; ZADEH, S. M.; TURRAL, H. **More people, more food, worse water? A global review of water pollution from agriculture**. Rome and Colombo: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.

OLIVEIRA, J. G. R. et al. Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes. **Boletim de Geografia**, v. 30, n. 3, p. 91–98, 2012.

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.

PETRY, M. **Produtividade da água e das culturas**: como podemos melhorá-las? Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/blog/155/produtividade-da-agua-e-das-culturas-como-podemos-melhora-las?fale=1> Acesso em: 15 jul. 2020.

PHILIPPI JUNIOR, A. et al. Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e ciências ambientais. **Revista Brasileira de Pós Graduação**, Brasília, v.10, n.21, p. 509-533, 2013. Disponível em: [_<http://ojs.rbpg.capes.gov.br/index.php/rbpg/article/view/423>](http://ojs.rbpg.capes.gov.br/index.php/rbpg/article/view/423). Acesso em: 12 abr. 2020.

PIEDRA-MUÑOZ, B. L. et al. Drivers for efficient water use in agriculture: an empirical analysis of family farms in Almería, Spain. **Experimental Agriculture**, v. 54, n. May 2020, p. 31–44, 2018.

SADOK, W.; SINCLAIR, T. R. **Chapter seven - Crops Yield Increase Under Water-Limited Conditions**: Review of Recent Physiological Advances for Soybean Genetic Improvement. p. 1–25, 2011.

TEÓFILO, T. M. S. et al. Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 547–556, 2012.

TESTEZLAF, R. **Irrigação**: métodos, sistemas e aplicações. Campinas: Unicamp/FEAGRI, 2017.

TRAN, Q. K.; SCHWABE, K. A.; JASSBY, D. **Wastewater Reuse for Agriculture: Development of a Regional Water Reuse Decision-Support Model (RWRM) for Cost-Effective Irrigation Sources**. 2016.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta : Alternativa Para Intensificação Do Uso. **Revista UFG**, p. 92–99, 2012.

WARAICH, E. A. et al. **Improving agricultural water use efficiency by nutrient management in crop plants**. v. 4710, 2011.

WEZEL, A. et al. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 2050, p. 1–20, 2014.

WWAP. World Water Assessment Programme. **The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk**. Paris: UNESCO, 2012.

WWAP. World Water Assessment Programme. **The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy**. Paris: UNESCO, 2014.