

**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**JAMIL SERAFIM NETO**

**AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA O APRIMORAMENTO DO USO DE  
RECURSOS HÍDRICOS COMO FATOR IMPACTANTE NA PRODUTIVIDADE  
DO SETOR AGROINDUSTRIAL**

**Campinas  
2024**

**JAMIL SERAFIM NETO**

**AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA O APRIMORAMENTO DO USO DE  
RECURSOS HÍDRICOS COMO FATOR IMPACTANTE NA PRODUTIVIDADE  
DO SETOR AGROINDUSTRIAL**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Curso de  
Engenharia de Produção, como  
parte dos requisitos necessários  
à obtenção do título de Bacharel.  
Orientador: Prof. Dr. Celso Minoru  
Hara.

**Campinas  
2024**

JAMIL SERAFIM NETO

AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA O APRIMORAMENTO DO USO DE  
RECURSOS HÍDRICOS COMO FATOR IMPACTANTE NA PRODUTIVIDADE  
DO SETOR AGROINDUSTRIAL

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Curso de  
Engenharia de Produção, como  
parte dos requisitos necessários  
à obtenção do título de Bacharel.

Aprovado em

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Celso Minoru Hara

---

Prof. Dr. Ricardo Fernandes

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlucy Godoy

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha sincera gratidão por esta oportunidade de apresentar meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Este projeto é o resultado de anos de estudo, pesquisa e dedicação, e não teria sido possível sem o apoio de muitas pessoas importantes.

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Celso Hara, pelo seu tempo, paciência e orientação durante todo o processo de pesquisa e redação. Sua experiência e conhecimento foram inestimáveis para o sucesso deste trabalho.

Também gostaria de agradecer aos meus amigos e familiares pelo seu amor, encorajamento e apoio constante. Seu incentivo e confiança em mim me motivaram a alcançar meus objetivos e concluir este projeto com sucesso.

Por fim, agradeço sinceramente à instituição em que estudei, bem como a todos os professores e funcionários que me ajudaram ao longo do caminho. Suas contribuições para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal foram imensas e sou grato por ter tido a oportunidade de estudar aqui.

## RESUMO

A sustentabilidade é um assunto amplamente discutido na Engenharia de Produção e está ganhando cada vez mais destaque devido ao aumento do foco no desempenho sustentável das empresas. Com o aumento da demanda mundial por alimentos, a pressão sobre os recursos hídricos se intensificou. Na agroindústria, a água é utilizada em diversas etapas do processo produtivo, desde a irrigação de cultivos até o processamento e a lavagem de alimentos. No entanto, a falta de planejamento e o uso inadequado da água têm gerado impactos negativos no meio ambiente e na sociedade. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar estratégias e alternativas destinadas ao aprimoramento do uso de recursos hídricos como fator impactante na produtividade do setor agroindustrial. Uma das abordagens propostas é a adoção de tecnologias de irrigação eficientes, como a Irrigação por aspersão, essa técnica moderna minimiza o desperdício de água, garantindo que as plantas recebam a quantidade ideal necessária para o seu desenvolvimento, promovendo a uniformidade na distribuição da água. Outra estratégia discutida é o monitoramento e a automação da irrigação. Este estudo contribuiu para o avanço do conhecimento sobre sustentabilidade e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Além disso, ofereceu uma perspectiva abrangente sobre empresas do agronegócio brasileiro, avaliando seu desempenho econômico, ambiental e social. Recomenda-se para futuras pesquisas uma abordagem empírica com gestores de empresas comprometidas com a sustentabilidade, especialmente no contexto do uso eficiente da água, como a irrigação por aspersão.

Palavras-chave: Engenharia de Produção; Sustentabilidade; Recursos Hídricos; Eficiência Produtiva.

## **ABSTRACT**

Sustainability is a widely discussed topic in Production Engineering and is gaining more and more prominence due to the increased focus on the sustainable performance of companies. With the increase in global demand for food, pressure on water resources has intensified. In agribusiness, water is used in several stages of the production process, from crop irrigation to food processing and washing. However, the lack of planning and inadequate use of water have generated negative impacts on the environment and society. In this context, the objective of this work is to present strategies and alternatives aimed at improving the use of water resources as a factor impacting the productivity of the agro-industrial sector. One of the proposed approaches is the adoption of efficient irrigation technologies, such as sprinkler irrigation, this modern technique minimizes water waste, ensuring that plants receive the ideal amount necessary for their development, promoting uniformity in water distribution. Another strategy discussed is irrigation monitoring and automation. This study contributed to the advancement of knowledge about sustainability and the Sustainable Development Goals (SDGs). Furthermore, it offered a comprehensive perspective on Brazilian agribusiness companies, evaluating their economic, environmental and social performance. An empirical approach with managers of companies committed to sustainability is recommended for future research, especially in the context of efficient water use, such as sprinkler irrigation.

**Keywords:** Production Engineering; Sustainability; Water resources; Productive Efficiency.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Retirada de Água no Brasil – 2019.....	7
Figura 2 – Balanço Hídrico Quali-Quantitativo Brasil – 2022. ....	7
Figura 3 - Evolução do uso de água no Brasil e projeção futura - 1931/2030.....	14
Figura 4 – Distribuição percentual por setor brasileiro. ....	17
Figura 5 – Fundamentos da PNRH. ....	18
Figura 6 – Objetivos da PNRH. ....	19
Figura 7 - Irrigação por aspersão .....	25
Figura 8 - Distribuição dos métodos de irrigação no Brasil .....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores típicos de eficiência da irrigação. custos de aquisição/implantação, uso de energia e mão-de-obra requerida para diferentes sistemas de irrigação por aspersão.....	26
Tabela 2 - Distribuição da área irrigada nas regiões administrativas e métodos de irrigação .....	28
Tabela 3 - Ações de Responsabilidade Ambiental da BrasilAgro .....	29
Tabela 4 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	31
Tabela 5 – Correlação ODS e Ações de Responsabilidade Ambiental da BrasilAgro	31
Tabela 6 - Correlação ODS e Ações de Responsabilidade Ambiental da SLC Agrícola	32



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 OBJETIVO GERAL .....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.3 JUSTIFICATIVA.....	3
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	4
2.1. RECURSOS HÍDRICOS E O SETOR AGROINDUSTRIAL.....	4
2.2. A IMPORTÂNCIA DO BRASIL FRENTE A CRISE HÍDRICA MUNDIAL .....	6
2.3 O IMPACTO NEGATIVO DO MAU USO DA ÁGUA NA AGROINDÚSTRIA .....	9
2.4. GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	15
3 METODOLOGIA .....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1. ALTERNATIVAS PARA O USO RESPONSÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS NO SETOR AGROINDUSTRIAL .....	22
4.1.1. Infraestrutura de transporte de recursos hídricos.....	22
4.1.2. Irrigação eficiente .....	24
4.2. AÇÕES SUSTENTÁVEIS PROMOVIDAS POR EMPRESAS DO AGRONEGÓCIO .....	28

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2001), a Engenharia de Produção (EP) engloba a responsabilidade pelo planejamento, modelagem, implementação, operação, manutenção e aprimoramento de sistemas produtivos integrados de bens e serviços. Estes sistemas envolvem a coordenação de recursos humanos, materiais, tecnológicos, informacionais e energéticos, com a incumbência de especificar, antecipar e avaliar os resultados alcançados, tanto para a sociedade quanto para o meio ambiente.

Dessa forma, a sustentabilidade é um tema amplamente debatido na Engenharia de Produção e está recebendo cada vez mais atenção. Isso se deve ao aumento do acompanhamento do desempenho das empresas. As empresas vem sendo avaliadas com base em sua sustentabilidade, e a preocupação com essa questão passou a ser um aspecto crucial na análise de investidores, financiadores e consumidores. Esses stakeholders buscam empresas que adotam práticas de produção mais limpas, e muitas decisões de investimento e negócios são tomadas com base na consideração do compromisso das empresas com o desenvolvimento sustentável (Cristina *et al*, 2010).

Nesse cenário, a importância da água e dos recursos hídricos para o nosso planeta, é apresentado como um evento indispensável para a promoção do desenvolvimento sustentável haja vista que a água é um recurso natural essencial para a sobrevivência de todas as formas de vida na Terra (Jannuzzi *et al*, 2020). O World Resources Institute (WRI, 2019) aponta que muitas áreas extremamente carentes de água estão em zonas de conflito, onde esse recurso pode ser um fator contribuinte. Essas áreas incluem Israel, Líbia, Iêmen, Afeganistão, Síria e Iraque.

Especificamente, na agroindústria, ela é utilizada em diversas etapas do processo produtivo, desde a irrigação de cultivos até o processamento e a lavagem de alimentos. No entanto, de acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2020), a demanda mundial por alimentos tem crescido exponencialmente nos últimos anos, gerando uma pressão cada vez maior sobre os recursos hídricos disponíveis. Como resultado, a gestão inadequada da água tem causado impactos negativos no meio ambiente e na sociedade, especialmente em regiões onde a escassez hídrica já é uma realidade.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), a atividade agroindustrial é a principal responsável pelo uso da água, de acordo com a entidade, 70% de toda a água consumida no mundo é utilizada na irrigação das lavouras, número que se eleva para 72% no caso do Brasil, que é um país com forte produção nesse setor da economia. Além disso, a irrigação corresponde a aproximadamente 40% da produção agrícola mundial, embora apenas cerca de 20% dos recursos hídricos utilizados na irrigação sejam realmente necessários para a produção de alimentos.

Outro problema significativo associado ao uso da água na agroindústria é a poluição. Agrotóxicos e fertilizantes utilizados no cultivo de alimentos podem ser arrastados pela água da chuva ou dos sistemas de irrigação, contaminando rios, lagos e outros corpos d'água e causando a morte de peixes e outros organismos aquáticos. Essa poluição também pode contaminar as fontes de água potável das comunidades locais, gerando diversos problemas de saúde e qualidade de vida. Além disso, a irrigação excessiva ou mal planejada pode levar à degradação do solo e à diminuição da biodiversidade. O uso de sistemas de irrigação obsoletos, juntamente com a falta de manutenção adequada, pode aumentar o consumo de água e comprometer a eficiência produtiva da agroindústria (FAO, 2020).

Dentre as soluções que podem ser adotadas, estão a implantação de sistemas de irrigação de baixo consumo, como a irrigação por aspersão, o monitoramento e a automação da irrigação, e práticas de manejo do solo que visam melhorar a retenção de água. De acordo com Souza *et al.* (2015), a irrigação por aspersão é altamente versátil e pode ser adaptada a diferentes tipos de culturas e tamanhos de áreas agrícolas. Além disso, esse sistema permite uma distribuição uniforme da água, reduzindo o desperdício e possibilitando um controle preciso da quantidade de água aplicada, tornando-o essencial para a agricultura moderna.

Ainda é destacado por Souza *et al.* (2015) que o uso sustentável da água na agroindústria depende da gestão integrada dos recursos hídricos. Isso requer uma abordagem cooperativa por parte dos governos, das empresas e da sociedade civil para promover o uso responsável da água e a preservação dos recursos hídricos. Isso envolve a criação de políticas públicas que incentivem práticas sustentáveis, o monitoramento dos recursos hídricos para garantir disponibilidade e qualidade, e o envolvimento da comunidade para conscientizar sobre a importância do uso sustentável da água.

Nesse sentido, esse trabalho apresenta e analisa tecnologias e boas práticas apresentadas por autores, que possam reduzir o consumo de água, minimizar a poluição e aumentar a eficiência produtiva; assim contribuir para a área de sustentabilidade em engenharia de produção. Para tal finalidade a pergunta que esse trabalho visa responder é: Quais as estratégias e alternativas podem ser destinadas ao aprimoramento do uso de recursos hídricos no setor agroindustrial?

### 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desse trabalho é apresentar estratégias e alternativas destinadas ao aprimoramento do uso de recursos hídricos como fator impactante na produtividade do setor agroindustrial.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Descrever sobre os recurso hidricos e a relação com o setor agroindustrial
- b) Discorrer sobre a importância do Brasil da crise hidrica mundial
- c) Apresentar ações ações sustentáveis promovidas por empresas do agronegócio

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Nesse contexto apresentado, torna-se cada vez mais urgente adotar práticas mais sustentáveis na agroindústria, promovendo o uso eficiente da água e minimizando os impactos ambientais e sociais. Para além disso, sendo uma subárea da Engenharia de Produção, a Engenharia da Sustentabilidade que corresponde precisamente às demandas das indústrias e empresas, pois se dedica ao planejamento da utilização eficiente dos recursos naturais em diferentes sistemas produtivos, à gestão dos resíduos e efluentes desses sistemas, além da implementação de sistemas de gestão ambiental e responsabilidade social. Esta abordagem integrada visa garantir a harmonia entre o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental, atendendo às necessidades presentes sem comprometer as futuras gerações.

O estudo eficiente do uso da água na agroindústria é vital devido à sua importância como recurso essencial e finito para a produção agrícola. A crescente demanda por alimentos e os impactos das mudanças climáticas têm exacerbado a

escassez de água em muitas regiões. Em síntese, a gestão cuidadosa da água na agroindústria é crucial para enfrentar os desafios da escassez hídrica e das mudanças climáticas, enquanto se promove uma produção agrícola estável e sustentável. Dessa forma, o tema dessa pesquisa é relevante para futuros e profissionais já atuantes na área bem como para gestores de empresas da agroindústria.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 RECURSOS HÍDRICOS E O SETOR AGROINDUSTRIAL**

A água é um recurso natural vital para a existência de todas as formas de vida e tem uma função primordial na produção de alimentos. No contexto do setor agroindustrial, a água é empregada em diversas etapas do processo produtivo, desde a irrigação de culturas até a higienização e o processamento de alimentos. Entretanto, o uso ineficiente e inapropriado da água tem acarretado consequências adversas no meio ambiente e na sociedade como um todo. A demanda crescente por água no setor agroindustrial pode desencadear a escassez desse recurso em determinadas regiões e aumentar os custos de produção, prejudicando a economia local e a sustentabilidade ambiental. Por isso, torna-se necessário adotar medidas que garantam a utilização racional e eficiente da água no setor agroindustrial, promovendo o desenvolvimento sustentável (Telles e Costa, 2010).

Segundo Viana *et al.* (2020), o setor agroindustrial é responsável por grande parte da demanda mundial de água, uma vez que utiliza recursos hídricos em diversas etapas do processo produtivo, desde a irrigação de cultivos até o processamento e a lavagem de alimentos. No entanto, a disponibilidade de água doce está se tornando cada vez mais limitada, em grande parte devido às mudanças climáticas e ao crescimento populacional. Além disso, o uso inadequado da água na agroindústria pode gerar impactos negativos significativos no meio ambiente e na sociedade. A irrigação excessiva pode levar à salinização do solo, à contaminação por pesticidas e fertilizantes e à redução da biodiversidade. O uso de grandes quantidades de água para o processamento de alimentos pode resultar em descargas de efluentes altamente poluentes e em consumo excessivo de energia.

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2019) os usos podem ser divididos em consuntivos (captação e consumo de água, como a indústria) e não consumíveis (não consumidos diretamente, mas que

dependem da manutenção das condições naturais ou da operação de infraestrutura hídrica, como turismo e lazer). O crescimento da população mundial é acompanhado por um aumento correspondente na demanda por água. Em muitas regiões do planeta, o consumo per capita também está aumentando em ritmo acelerado devido ao aumento do padrão de vida de suas respectivas populações.

Considerando sua aparente escassez, as discussões em torno do recurso natural à água têm se tornado frequentes. As nações africanas que não têm mais água suficiente para suas populações se encontrariam em uma situação catastrófica, sem um mínimo para a sobrevivência de seus habitantes. (Lemos, 2009). Sobre o aumento do consumo da água, Greco (2020) menciona que no século XX, o consumo de água aumentou em 6 vezes — o dobro do crescimento da população mundial. Ao todo, 26 países enfrentam escassez crônica de água e a previsão é de que em 2025 o problema afete 52 países e 3,5 bilhões de pessoas.

Estima-se que o estresse hídrico em 31 países esteja entre 25% e 70%. Outros 22 países estão em grave estresse hídrico, ou mais de 70%. Isso significa que esses países usam muito os recursos, que mediante crises têm grande impacto sociambiental. (Greco, 2020). Dados da Organização das Nações Unidas (ONU, 2020) mostram que 2,2 bilhões de pessoas no mundo não têm acesso à água potável. Nos países em desenvolvimento, esse problema está relacionado a 80% das doenças e mortes.

Segundo a Unicef (2023), menos da metade da população mundial tem acesso à água potável. A irrigação corresponde a 73% do consumo de água, 21% vai para a indústria e apenas 6% destina-se ao consumo doméstico. Além do crescimento populacional, a urbanização e a industrialização também aumentaram a demanda pelo produto. O uso residencial de água facilmente triplica à medida que as populações rurais, tradicionalmente dependentes dos poços das aldeias, se mudam para edifícios residenciais urbanos com água encanada.

A Europa Continental sofre maiores perdas econômicas e aumenta o número de pessoas afetadas por inundações ribeirinhas e costeiras devido a aumentos dramáticos na urbanização, níveis do mar e erosão nessas regiões. A disponibilidade de água corre o risco de limitações severas, com disponibilidade substancialmente reduzida de recursos fluviais e subterrâneos, juntamente com demandas crescentes de irrigação e produção de energia (IPCC, 2014). Também é lembrado das torneiras

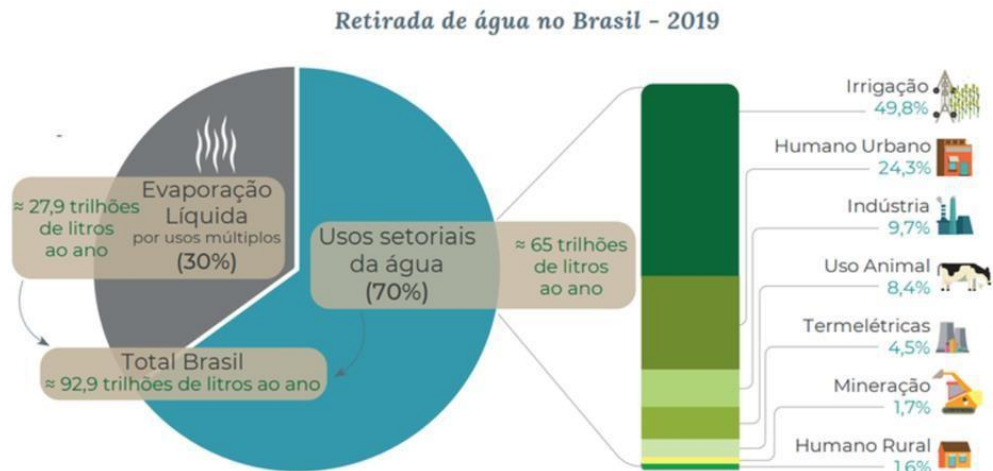
secas em Barcelona, Espanha, em 2008, que afetaram mais de 5 milhões de pessoas, principalmente relacionadas à agricultura irrigada. Esse fato mostra que o problema vem crescendo há décadas e que o impacto nos países desenvolvidos ocorre desafortunadamente.

A Ásia corre maior risco de escassez de água e alimentos ligada a secas que levam à desnutrição, bem como grandes inundações na Tailândia em 2011, que as Nações Unidas consideram as piores inundações do século (IPCC, 2014). Há 300 milhões de pessoas na China sem água potável, o que representa 20% da população mundial, mas apenas 7% dos recursos hídricos mundiais. A qualidade da água na América do norte está diminuindo, devido à elevação do nível do mar, chuvas intensas e ciclones, além de que não se deve esquecer que o grave problema que afeta a costa oeste dos Estados Unidos é resultado de águas subterrâneas privadas e maltratadas na Califórnia, onde milhares de pessoas ainda não têm acesso à água (IPCC, 2014). Na América Central, a disponibilidade de água em regiões semiáridas e dependentes do degelo está em sério risco, levando a uma maior escassez de alimentos.

## 2.2 A IMPORTÂNCIA DO BRASIL FRENTE A CRISE HÍDRICA MUNDIAL

No Brasil, cerca de 93 trilhões de litros de água são retirados anualmente de fontes superficiais e subterrâneas para usos múltiplos e setoriais de consumo, como mostra a Figura 1. A evaporação de líquidos, irrigação, energia térmica e algumas indústrias apresentam forte sazonalidade, ou seja, o uso de água pode variar muito de mês para mês no mesmo ano.

Figura 1 – Retirada de Água no Brasil – 2019

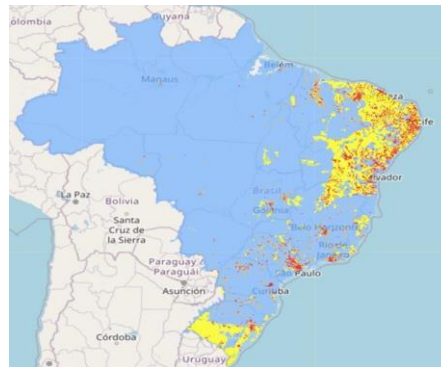


Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2019).

A distribuição dos recursos hídricos globais é desigual e alguns países, uns possuindo abundância, outros carecendo. É assustador imaginar com base em dados de Nações Unidas (ONU) que metade dos 12.500 quilômetros cúbicos de água doce disponíveis na Terra já estão em uso, considerando que a população mundial está projetada para dobrar no futuro. A taxa de crescimento do consumo de água nas décadas de 1950 e 1990 foi maior que o nível de crescimento da própria população. (Hunter,1998).

Na Figura 2, se pode observar a distribuição da água no Brasil a partir de um Balanço Hídrico Quali-Quantitativo.

Figura 2 – Balanço Hídrico Quali-Quantitativo Brasil – 2022.



Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2019).



Nesta, a partir das cores, identifica-se que alguns estados brasileiros possuem criticidade qualitativa, destacados nas cores laranja, ou seja, no que diz respeito à qualidade da água, destacadas algumas cidades dos estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Distrito Federal, Goiânia, Espírito Santo, Salvador, Recife, Fortaleza e Maranhão. Outras quantitativas, destacadas nas cores amarelas, ou seja, pouco acesso em quantidade à água, dando destaque aos estados nordestinos brasileiros e extremo sul do país.

Em momentos de crise hídrica, as áreas mais críticas se destacam em termos de acesso insuficiente tanto em qualidade quanto em quantidade. Essas áreas de maior escassez são predominantemente encontradas nas grandes cidades, abrangendo quase todos os estados do país. No entanto, em geral, o território brasileiro como um todo mantém um nível satisfatório de acesso à água, especialmente nas regiões norte e em parte da região centro-oeste.

O agronegócio é um setor bastante desenvolvido no Brasil, que se destaca como um dos maiores países agroexportadores do mundo. De acordo com dados do Cepea/CNA, o PIB do agronegócio registrou um crescimento recorde de 24,31% em 2020, exercendo um impacto significativo sobre a economia do país. Essa dependência na agricultura e pecuária revela a importância desse setor para a economia brasileira.

Os efeitos das mudanças climáticas são uma realidade no planeta Terra e impactam diversos aspectos da vida humana, econômica e ambiental. De acordo com a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), os indicadores mais relevantes para avaliar a agricultura são os números de produção e os índices de produtividade. No período de 1975 a 2017, a produção de grãos foi o setor que mais se destacou, com um crescimento de 38 milhões de toneladas para 236 milhões, ou seja, seis vezes maior do que seu valor inicial. É importante ressaltar que tais mudanças climáticas podem impactar negativamente a produção agrícola no futuro.

Entretanto, em caso de um cenário mais catastrófico de escassez hídrica é importante assegurar os usos prioritários da água de acordo com o que está previsto pela Lei n.º 9.433/1997, conhecida por Lei das Águas, que instituiu o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

### 2.3 O IMPACTO NEGATIVO DO MAU USO DA ÁGUA NA AGROINDÚSTRIA

A conexão entre água e alimento é simples, a agricultura e pecuária necessitam de água para sustentar a produção. Produção essa, crescente, assim como a população mundial, em conformidade com World Water Assessment Programme (2012). Estima-se, por ano, a produção de 8,4 bilhões de toneladas de alimentos, valor que deve atingir 13,5 bilhões de toneladas para sustentar a população mundial projetada para 2050 (FAO, 2014). Aliado a essa constatação, observa-se a mudança do padrão alimentar, com o aumento do consumo de carne e produtos lácteos, causando um maior impacto sobre o consumo de água ao longo dos últimos 30 anos, com probabilidade de continuar até meados do século 21 (WWAP, 2012).

As cadeias produtivas da agricultura e das agroindústrias têm cada vez mais impactado os recursos naturais em nosso país e no planeta. Recentemente a água tem se tornado objeto de atenção por conta de diferentes impactos e disputas (muitas vezes não explícitas) relacionadas com a mercantilização das águas doces, que envolve a manutenção dos ecossistemas, a agricultura de alimentos e de exportação, o setor industrial e urbano e a necessidade de garantir a segurança hídrica da população (Aly Junior, 2017).

As agroindústrias possuem estreita relação com a exploração de matérias primas de origem agropecuária, podendo ser caracterizadas como agricultura organizada em termos industriais ou indústria fundamentada em base de matérias primas agrícolas. O desenvolvimento desse modelo levou as agroindústrias a exercer funções de planejamento da produção agrícola porteira adentro, imprimindo o ritmo de produção aos agricultores, passando a incentivar e fornecer recursos par viabilizar suas produções, além do apoio com pacotes tecnológicos e prestação de serviços. Tudo isso em troca da garantia de entrega da produção em quantidades e qualidades demandadas (Santos e Capp Filho, 1981).

De acordo com o Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a agropecuária é responsável por 70% do consumo de água doce no Brasil, tornando-se o setor que mais consome esse recurso. No entanto, quase metade desse montante é desperdiçado devido a vários fatores, incluindo irrigações mal executadas e falta de controle do agricultor na quantidade de água usada nas lavouras e no processamento dos produtos.

O desperdício de água na agropecuária tem impactos significativos sobre o ecossistema. A falta de chuvas tem afetado os lençóis freáticos e rios, correndo o risco de secar ao longo dos anos. Como consequência, a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos pode ser afetada e causar impactos na produção de alimentos e em outras atividades econômicas que dependem da água.

Portanto, é importante questionar as políticas de conscientização do poder público dirigidas à sociedade, bem como o foco de sua atuação na procura de soluções imediatas e a curto/médio prazo. São necessárias estratégias mais eficazes e sustentáveis para a gestão dos recursos hídricos, envolvendo não apenas a agricultura, mas também outros setores que consomem água e que possam colaborar para a preservação dos recursos naturais e a segurança hídrica das gerações futuras. Como aponta Heller (2022), o reconhecimento da água como um direito humano fundamental é crucial para garantir a dignidade e a sobrevivência das populações mais carentes, mesmo diante dos desafios políticos e econômicos atuais.

Desde as antigas civilizações, a produção agrícola dependia diretamente da disponibilidade hídrica para a irrigação das lavouras. Atualmente, essa relação ainda é significativa, mas, com o avanço da tecnologia e a instalação de sistemas técnicos modernos, tornou-se possível explorar os recursos hídricos de maneira mais eficiente e sustentável, garantindo a produção agrícola sem comprometer a disponibilidade de água para outros usos (Yassuda, 2020).

No entanto, ao analisar o aumento do volume de exportações de produtos agropecuários brasileiros, como soja, carne e açúcar, também pode ser observado um aumento no volume de água utilizado na produção desses produtos. É necessário considerar os possíveis impactos ambientais que a exportação de produtos primários e semimanufaturados pode estar causando sobre nossos recursos hídricos (Paz *et al.*, 2021).

A gestão adequada dos recursos hídricos é crucial para a preservação do meio ambiente e da qualidade de vida das pessoas. É importante avaliar as práticas agrícolas e a eficiência do uso da água na produção, especialmente no contexto de um mundo em que a demanda por alimentos está em constante crescimento. Além disso, é preciso incentivar a adoção de práticas sustentáveis, como a agricultura de precisão e a utilização de tecnologias mais eficientes, para garantir a segurança hídrica e alimentar a longo prazo.

A irrigação de culturas agrícolas é uma técnica que complementa a disponibilidade natural de água fornecida pela chuva, de acordo com a Embrapa. Isso garante que o solo tenha teor de umidade suficiente para atender às necessidades hídricas das culturas, aumentando a produtividade e reduzindo a expansão de plantios em áreas de cobertura vegetal natural.

No entanto, as mudanças climáticas agravam a frequência de eventos climáticos extremos, como secas e inundações, conforme o último relatório do IPCC. Projeções indicam que o aumento dos gases do efeito estufa resultará em alterações na temperatura, no regime de precipitação e na umidade do solo (Paz *et al.*, 2021).

O agronegócio é uma das principais atividades econômicas em todo o mundo, e o uso da água é fundamental para o sucesso dessa indústria. No entanto, o mau uso da água no agronegócio pode ter um impacto significativo no meio ambiente e na economia. O mau uso da água pode ocorrer de várias maneiras no agronegócio, como a irrigação excessiva, a falta de manutenção em sistemas de irrigação, o uso de pesticidas e fertilizantes em excesso, entre outros fatores. Essas práticas podem levar à contaminação do solo e da água, resultando em perdas significativas de produtividade e qualidade dos produtos agrícolas (Telles e Costa, 2010).

Além disso, o mau uso da água no agronegócio também pode ter um impacto negativo no meio ambiente, como a diminuição da disponibilidade de água para outras atividades humanas e a degradação dos ecossistemas aquáticos. Isso pode levar à perda de biodiversidade e à diminuição da qualidade de vida das comunidades que dependem desses recursos naturais (Telles e Costa, 2010).

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), estima-se que 97,5% da água do mundo seja salobra e imprópria para nosso consumo direto ou irrigação de nossas plantações. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) é inacessível porque está concentrada em geleiras, 30% é água subterrânea (armazenada em aquíferos) e 1% é encontrada em rios. Portanto, o uso dessa precisa ser considerado para não prejudicar os diferentes usos dela na vida humana.

A aprovação da resolução pelo Conselho de Direitos Humanos da ONU em julho de 2010 foi um marco importante na definição da água como um direito humano fundamental. O documento afirmou que a água é essencial para o pleno

exercício dos direitos humanos, incluindo o direito à vida e à dignidade, e que todos os seres humanos têm direito a água potável, segura, acessível e adequada para atender suas necessidades básicas diárias. No entanto, mesmo com essa definição, muitas populações carentes no mundo ainda sofrem com a falta de acesso à água potável em suas casas. Apesar do consumo per capita ter aumentado mais de dez vezes no último século, ainda há milhões de pessoas que não têm acesso a esse recurso básico para a sobrevivência e a saúde (Heller, 2022).

O acesso à água potável é um problema crônico em muitos países em desenvolvimento, onde a falta de infraestrutura adequada para o fornecimento de água potável e saneamento básico afeta negativamente a vida das pessoas, especialmente as mais pobres. A falta de acesso à água potável pode levar a problemas de saúde, desnutrição e morte, além de afetar a economia e o desenvolvimento social dessas comunidades (Telles e Costa, 2010).

Portanto, a definição da água como um direito humano fundamental é um primeiro passo importante para garantir que todas as pessoas tenham acesso a esse recurso vital. No entanto, é necessário um esforço conjunto de governos, organizações internacionais e sociedade civil para garantir que esse direito seja efetivamente implementado e que a água potável seja fornecida a todos, independentemente de sua condição socioeconômica ou geográfica (Telles e Costa, 2010).

A Declaração Universal dos Direitos da Água, proclamada pela ONU em 22 de março de 1992 na cidade do Rio de Janeiro, é um documento composto por dez artigos que visa alcançar todos os indivíduos, povos e nações, promovendo a educação e o respeito aos direitos e obrigações relacionados ao uso da água. Seu objetivo é incentivar a adoção de medidas progressivas em nível nacional e internacional para garantir a aplicação efetiva dos princípios enunciados.

Essa declaração é um alerta importante para a humanidade sobre a necessidade de mudança na forma como utilizamos a água, pois esse recurso vital está cada vez mais escasso e mal utilizado. Além disso, a Declaração destaca a importância da educação e da conscientização em relação aos direitos e deveres relacionados ao uso da água. Assim, é fundamental que todos nós nos comprometemos a adotar medidas para preservar a água e utilizá-la de forma sustentável, visando garantir o seu acesso a todos os seres humanos,

independentemente de sua localização geográfica ou situação econômica. A Declaração Universal dos Direitos da Água deve servir como uma orientação para a construção de políticas públicas efetivas e para a conscientização da população sobre a importância de cuidar desse recurso essencial para a vida. Para enfrentar esses desafios, é fundamental que o agronegócio adote práticas sustentáveis de uso da água, como a adoção de técnicas de irrigação mais eficientes, a manutenção regular dos sistemas de irrigação, a utilização de fertilizantes e pesticidas de forma responsável e a gestão adequada dos resíduos agrícolas. Essas práticas podem ajudar a reduzir o impacto negativo do agronegócio no meio ambiente e garantir a sustentabilidade dessa atividade econômica a longo prazo na Terra. O uso inadequado da água no agronegócio pode ter diversos impactos ambientais, econômicos e sociais (Heller, 2022) .

Segundo Araújo (2019), o desperdício de água nas atividades agrícolas pode levar à escassez de água em outras regiões, afetando o abastecimento humano e o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Além disso, a intensa irrigação pode levar ao esgotamento de aquíferos subterrâneos e à salinização do solo, comprometendo a produtividade agrícola a longo prazo.

Outro impacto do mau uso da água no agronegócio é o aumento dos custos de produção. Segundo Câmara (2018), a falta de planejamento e gestão adequados do uso da água pode levar a desperdícios e perdas de produção, afetando a rentabilidade do produtor e aumentando os preços dos produtos agrícolas para o consumidor final.

Ademais, o mau uso da água no agronegócio pode afetar a saúde humana e a qualidade dos alimentos produzidos. Segundo Montenegro *et al.* (2021), o uso excessivo de agrotóxicos em atividades agrícolas intensivas pode levar à contaminação de aquíferos subterrâneos e à presença de resíduos de agrotóxicos em alimentos, afetando a saúde dos consumidores e a segurança alimentar. É importante destacar que existem tecnologias e práticas agrícolas que podem contribuir para a redução do consumo de água no agronegócio e para a mitigação dos impactos ambientais.

Segundo Souza (2018), a adoção de técnicas de irrigação mais eficientes, como a irrigação por gotejamento, pode reduzir o consumo de água em até 60%. Além disso, a utilização de técnicas de manejo do solo, como a rotação de culturas,

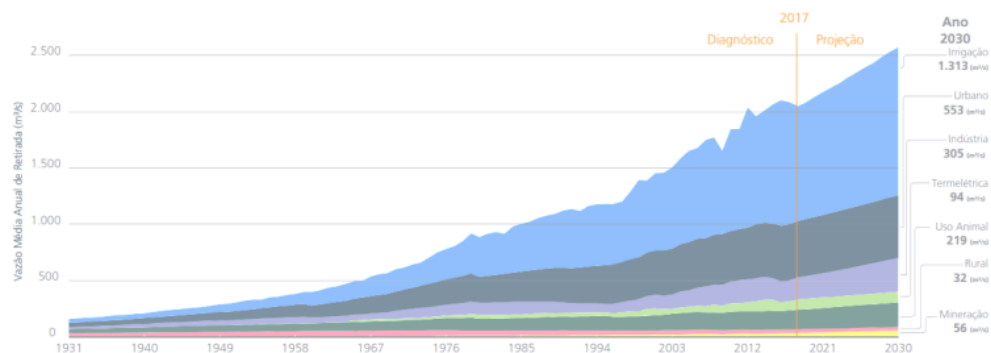
pode contribuir para a conservação da qualidade do solo e a redução da necessidade de irrigação.

Mundialmente, o Brasil é um país com a quinta maior população, quinta maior área e uma das dez maiores economias do mundo. Em termos de hidrologia, o país possui 12% das reservas mundiais de água doce e algumas das maiores bacias hidrográficas (OCDE/FAO, 2015).

O agronegócio é um setor bastante desenvolvido no Brasil, que se destaca como um dos maiores países agroexportadores do mundo. De acordo com dados do Cepea/CNA, o PIB do agronegócio registrou um crescimento recorde de 24,31% em 2020, exercendo um impacto significativo sobre a economia do país. Essa dependência na agricultura e pecuária revela a importância desse setor para a economia brasileira.

Na Figura 3, observa-se que a projeção futura, para o ano de 2030, prevê a destinação de mais de 70% da retirada de água no Brasil para atender as demandas das atividades relacionadas direta ou indiretamente à cadeia agroindustrial (irrigação, indústria, uso animal e abastecimento rural) (ANA, 2019).

Figura 3 - Evolução do uso de água no Brasil e projeção futura - 1931/2030



Fonte: Adaptado de ANA (2019).

Os efeitos das mudanças climáticas são uma realidade no planeta Terra e impactam diversos aspectos da vida humana, econômica e ambiental. De acordo com a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), os indicadores mais relevantes para avaliar a agricultura são os números de produção e os índices de produtividade. No período de 1975 a 2017, a produção de grãos foi o setor que mais se destacou, com um crescimento de 38 milhões de toneladas para 236

milhões, ou seja, seis vezes maior do que seu valor inicial. É importante ressaltar que tais mudanças climáticas podem impactar negativamente a produção agrícola no futuro.

Por fim, é importante ressaltar que a gestão integrada dos recursos hídricos no agronegócio é essencial para garantir a sustentabilidade do setor. Segundo Barreto *et al.* (2019), a implementação de políticas públicas de gestão de recursos hídricos no âmbito do agronegócio pode contribuir para a redução do consumo de água, a preservação dos ecossistemas aquáticos e a garantia da segurança alimentar. Nesse sentido, é fundamental que haja uma articulação entre produtores, gestores públicos e sociedade civil para a construção de uma gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos no agronegócio.

#### 2.4. GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Diante dos desafios atuais no que diz respeito à gestão dos recursos hídricos, é essencial que sejam adotados métodos mais sustentáveis e tecnologicamente avançados para utilização da água, principalmente na agricultura. Segundo Paz *et al.* (2021), é crucial implementar técnicas de irrigação mais eficazes afim de reduzir os impactos ambientais e manter a disponibilidade de água. Essas ideias são fundamentais para formular políticas e práticas que promovam a sustentabilidade dos recursos hídricos, vitais para o futuro da agricultura e da segurança alimentar mundial.

Arjen Hoekstra criou a terminologia Pegada Hídrica em 2002, a partir da comparação com outro termo já bastante utilizado, a pegada ecológica, que busca estimar quanto de recursos naturais é necessário para manter um determinado estilo de vida ou padrão de consumo. Contudo, apesar da semelhança semântica, suas aplicações e medidas são diferentes. Enquanto a pegada ecológica retorna um valor em hectares e Pegada Hídrica calcula o volume de água utilizada (Silva *et al.*, 2013).

A Pegada Hídrica foi utilizada com a intenção de demonstrar a relação entre a utilização dos recursos hídricos quando comparados com nosso padrão de consumo. É uma ferramenta aplicada por empresas e instituições para avaliar a sua gestão de recursos hídricos, auxiliando em uma visão mais sistêmica do aspecto do consumo desses recursos (Silva *et al.*, 2013).



Esse é um indicador amplo, por considerar usos diretos e indiretos da água, identificando o montante de água requerida na geração de um produto ou serviço no decorrer de sua cadeia produtiva, e contrapondo modelos mais objetivos, que contemplam o conceito limitado à captação de água (Hoekstra, 2011).

A pegada hídrica deve ser calculada com base em todo seu ciclo de vida, do nascimento de uma planta ou animal até seu consumo pelos clientes. Assim, as pegadas hídricas médias de alguns produtos de origens animal e agrícola podem variar muito, partindo de 130 litros para produzir um quilo de alface, 900 litros para produzir um quilo milho, chegando até mesmo 4,8 mil litros para produzir um quilo de carne de porco ou 15,5 mil litros no caso de um quilo de carne de boi (Silva *et al.*, 2013).

Em seu estudo sobre o uso de água nas indústrias, Cunha Lima (2018) discorre sobre a eficiência hídrica, trazendo exemplos de aumento da eficiência do uso da água dos processos industriais, o que, por conseguinte, reduz a demanda de água e a geração de efluentes líquidos. Nesses casos, há predominantemente as seguintes estratégias:

- Utilização de ferramentas de análise de risco de escassez hídrica;
- Investimentos em medição setorizada do consumo de água e geração de efluentes líquidos;
- Mudanças nos procedimentos operacionais de processos intensivos no uso da água;
- Substituição por novas tecnologias.

Esses parâmetros auxiliam na tomada de decisão empresarial em prol de projetos de eficiência hídrica, permitindo o melhor monitoramento do balanço hídrico, redução de perdas e identificação de oportunidades de reaproveitamento da água e reduz o uso de água e geração de efluentes.

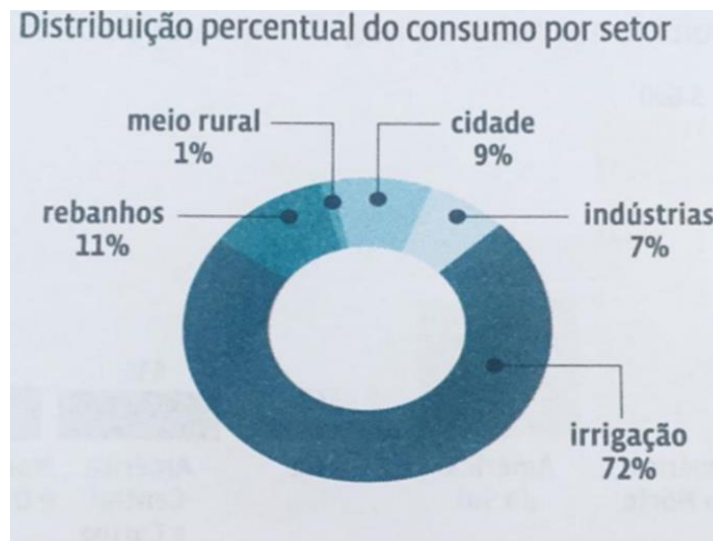
O impacto das exigências ambientais nas atividades produtivas tem aumentado nas últimas décadas em função de acordos internacionais, de legislações locais e da crescente preocupação da sociedade. Para a Confederação Nacional da Indústria do Brasil (CNI), a indústria brasileira possui compromissos com os princípios do desenvolvimento sustentável e tem realizado iniciativas voltadas para a ecoeficiência de processos e produtos e para o desenvolvimento de tecnologias limpas. No entanto, a principal dificuldade da indústria tem sido garantir,

simultaneamente, padrões crescentes de qualidade e de conservação ambiental, além de ter que contar com um sistema eficiente de regulação que não gere incertezas, elevação do risco empresarial e bloqueio de decisões de investimentos (CNI, 2002).

De todo o volume de água existente no planeta, a maior parte encontra-se nos oceanos (ca.97,4%) e somente uma pequena porcentagem (2,6%) corresponde aos sistemas dulcícolas, mas somente 0,3% desta água doce está disponível para ser utilizada pelo ser humano (e.g. rios, córregos, lagos), visto que a maior parte do volume está na forma de gelo (Bozelli *et al.*, 2019).

Tratando-se do consumo geral de água doce em nível mundial, a maior usuária na atualidade é o agronegócio (69 %), seguida do setor industrial (19 %) e do uso doméstico (12 %) (ANA, 2019) conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 – Distribuição percentual por setor brasileiro.

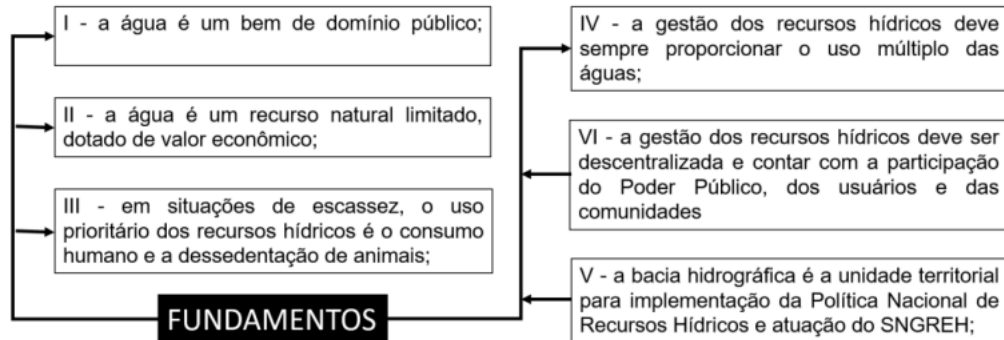


Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (ANA, 2019)

O Brasil possui mais de 12% de toda a água doce mundial, todavia, esse volume se encontra irregularmente distribuído pelas regiões brasileiras (Ribeiro, 2019). A situação acaba se agravando em algumas localidades, principalmente devido à perda de qualidade da água, o que torna necessário o adequado manejo desses recursos. Em caso de cenários mais catastróficos de escassez hídrica é importante assegurar os usos prioritários da água de acordo com o que está previsto pela Lei n.º 9.433/1997, conhecida por Lei das Águas, que instituiu

o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Os fundamentos da PNRH são mostrados na Figura 5.

Figura 5 – Fundamentos da PNRH.

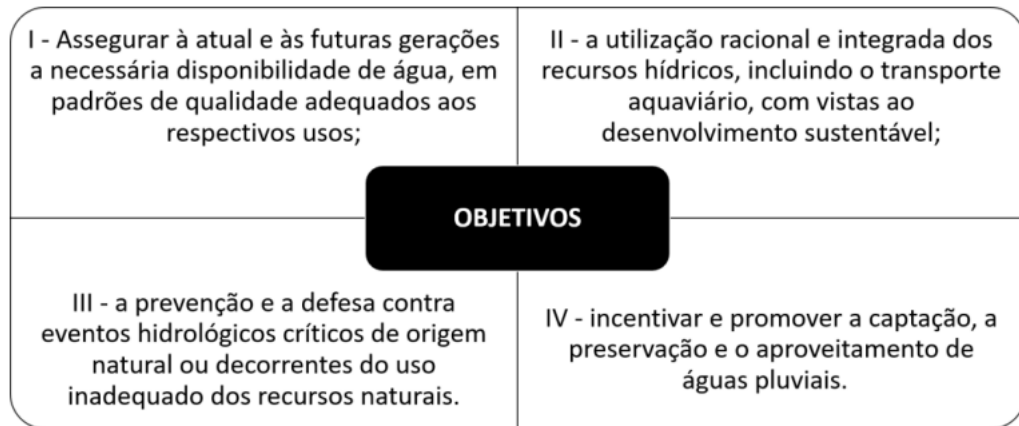


Fonte: Adaptado de Brasil (1997).

De acordo com os princípios básicos, a água é de todos e o controle fica com o Estado ou União. A água é vista como um recurso limitado, especialmente quando se perde qualidade para atender a diversos usos. Em situações de escassez, o mais importante é atender às necessidades básicas das pessoas, como abastecimento de água, alimentação e higiene, além de garantir água para matar a sede dos animais. É essencial manter os diversos usos da água, garantindo que os padrões de qualidade sejam cumpridos.

A Figura 6 mostra os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, enfatizando em desenvolvimento sustentável, a relação entre a quantidade de água disponível e sua qualidade, o uso do princípio da precaução, a relevância dos recursos hídricos para o desenvolvimento do país, a necessidade de evitar o uso inadequado dos recursos naturais e a gestão da água em áreas urbanas, especialmente em resposta às chuvas.

Figura 6 – Objetivos da PNRH.



Fonte: Adaptado de Brasil (1997).

Essas regulamentações são fundamentais para proteger os recursos hídricos, evitar a degradação e garantir a distribuição equitativa da água. Assim, a legislação não apenas orienta a gestão sustentável da água, mas também engaja a sociedade e os stakeholders na preservação deste recurso vital, reforçando a importância da responsabilidade compartilhada na conservação da água.

### 3 METODOLOGIA

Decidiu-se utilizar a metodologia da revisão integrativa, seguindo etapas definidas desde a formulação do problema até a análise e discussão dos resultados. O objetivo é destacar e descrever o cenário atual do tema, dando prioridade a estudos recentes e relevantes, com ênfase na análise qualitativa. Isso implica na seleção cuidadosa de métodos e teorias apropriadas, na compreensão e análise de várias perspectivas, na reflexão contínua dos pesquisadores sobre suas investigações como parte integral do processo de construção do conhecimento, além da adoção de uma variedade de abordagens e técnicas (Gil, 2002).

A revisão integrativa é um método de pesquisa que visa compilar, analisar e resumir os resultados de estudos independentes sobre uma determinada temática. Seu propósito é contribuir para uma compreensão mais ampla do assunto em questão e, conseqüentemente, para possíveis melhorias na qualidade dos cuidados oferecidos aos pacientes. Além de informar o desenvolvimento de políticas, protocolos e

procedimentos, a revisão integrativa também promove o pensamento crítico necessário na prática cotidiana (Souza e Carvalho, 2010).

Para isso, foram seguidas as etapas propostas por Souza e Carvalho (2010) em seu estudo:

a. Formulação da questão orientadora: Essa etapa foi crucial para determinar os estudos a serem incluídos, os métodos de identificação e as informações a serem extraídas de cada estudo selecionado. A formulação deve ser clara, específica e fundamentada em um embasamento teórico, incorporando teorias e conhecimentos prévios do pesquisador.

b. Busca e seleção na literatura: Esta fase está intrinsecamente ligada à anterior. A busca em bases de dados deve ser ampla e diversificada, incluindo pesquisas em bases eletrônicas, busca manual em periódicos, referências citadas nos estudos selecionados, contato com pesquisadores e uso de materiais não publicados. Os critérios de seleção devem garantir a representatividade da amostra, indicando a confiabilidade e fidedignidade dos resultados.

c. Coleta de dados: Para extrair os dados dos artigos selecionados, é necessário utilizar um instrumento previamente elaborado para garantir a extração completa de dados relevantes, minimizando erros na transcrição, assegurando a precisão na verificação das informações e servindo como registro. Os dados devem abranger a definição dos participantes, metodologia, tamanho da amostra, medição de variáveis, método de análise e conceitos teóricos utilizados.

d. Análise crítica dos estudos incluídos: Similar à análise de dados em pesquisas convencionais, nessa fase teve uma abordagem organizada para avaliar a robustez e características de cada estudo. A experiência clínica do pesquisador auxilia na avaliação da validade dos métodos e resultados, bem como na determinação de sua aplicabilidade prática.

e. Interpretação e discussão dos resultados: Neste estágio, os resultados foram interpretados e discutidos em relação ao referencial teórico. São identificadas possíveis lacunas no conhecimento e estabelecidas prioridades para futuras pesquisas. É crucial que o pesquisador destaque suas conclusões e inferências, além de explicitar quaisquer vieses presentes.

f. Apresentação da revisão integrativa: A apresentação da revisão ficou clara e abrangente, permitindo que o leitor avalie criticamente os resultados.

Segundo Vergara (2017), o universo compreende todos os elementos que se qualificam para inclusão no estudo. A definição precisa do universo é determinada pela questão de pesquisa, que especifica quem ou o que é objeto de interesse. O universo pode abranger indivíduos, grupos, organizações ou objetos, sendo a unidade de análise a entidade principal examinada na pesquisa.

Durante a execução prática da pesquisa dessa primeira etapa, foi realizada uma busca na base de dados de trabalhos publicados no Scientific Periodicals Electronic Library (SPELL), Google acadêmico e no Scientific Electronic Library Online (SciELO) com as palavras-chaves: estratégias para otimização do uso da água, agroindústria, irrigação eficiente, sustentabilidade, gestão estratégica. Quanto às informações sobre as empresas, estas foram obtidas em seus próprios websites, através de seus relatórios de sustentabilidade.

A pesquisa também foi exploratória já que houve uma investigação do cenário da pesquisa a fim de apresentar descobertas. Esse tipo de pesquisa é uma abordagem metodológica que possibilita ao pesquisador a investigação de questões relacionadas a temas ainda pouco explorados ou compreendidos. Além disso, visa compreender a variável em estudo em sua forma original, seu significado e o contexto no qual está inserida. Dessa forma, essa metodologia conduz o pesquisador a descobertas de novos enfoques, percepções e terminologias, o que gradualmente pode levar a uma modificação em sua própria maneira de pensar (Martelli *et al*, 2020). Para execução essa etapa foram desenvolvidas recomendações sólidas e práticas para promover o uso sustentável da água na agroindústria. Tais recomendações foram formuladas com base em conclusões embasadas, visando contribuir efetivamente para soluções na gestão hídrica.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O uso eficiente da água com conhecimento adequado e a utilização de alternativas que otimizem sua utilização podem contribuir para aumentar a sua disponibilidade, reduzindo problemas de déficit provocados pelo aumento da demanda social em relação à oferta ambiental. Em linhas gerais, o acentuamento de variáveis como crescimento da população humana, mudanças climáticas, aumento do desperdício per capita e intensificação da concorrência nos mercados consumidores tornam imperativo que tecnologias avançadas sejam desenvolvidas e

implementadas para a conservação e o gerenciamento otimizado dos recursos hídricos (Bagatin *et al.*, 2014).

Visando discutir e concluir esse estudo, é fundamental ressaltar as abordagens efetivas para uma gestão responsável dos recursos hídricos no setor agroindustrial. Neste sentido, destacam-se duas áreas principais de intervenção: o desenvolvimento de infraestrutura dedicada ao transporte de recursos hídricos e a implementação de sistemas de irrigação eficientes. Essas estratégias não apenas facilitam o uso adequado da água, mas também ajudam a mitigar os impactos ambientais associados à sua gestão inadequada.

Paralelamente, a análise das práticas sustentáveis das duas principais empresas do agronegócio listadas na B3 (Bolsa de valores), BrasilAgro e SLC Agrícola, mostrando um comprometimento crescente com a sustentabilidade. Estas companhias são pioneiras em demonstrar como a adoção de métodos de gestão conscientes de recursos hídricos pode conduzir a modelos de negócios mais sustentáveis e eficazes, minimizando o desperdício e promovendo um uso mais responsável da água. Iniciativas cruciais, pois servem de modelo para outras empresas do setor, evidenciando que é possível aliar sustentabilidade e eficiência econômica.

#### 4.1 ALTERNATIVAS PARA O USO RESPONSÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS NO SETOR AGROINDUSTRIAL

##### 4.1.1 Infraestrutura de transporte de recursos hídricos

A infraestrutura de transporte de recursos hídricos é um conjunto de estruturas físicas e sistemas de gestão que possibilitam a transferência de água entre bacias hidrográficas ou entre regiões de uma mesma bacia. No Brasil, a transposição do Rio São Francisco é um exemplo de infraestrutura de transporte de água, que visa atender à demanda hídrica de regiões semiáridas do Nordeste. Além disso, a gestão de aquíferos é um aspecto importante da infraestrutura hídrica, uma vez que estes reservatórios subterrâneos são responsáveis por grande parte do abastecimento de água em muitas regiões do país.

De acordo com Lins *et al.* (2021), a construção de sistemas de transporte de água é uma alternativa para superar desigualdades regionais na disponibilidade hídrica e reduzir a vulnerabilidade à seca. No entanto, é necessário que haja uma

gestão adequada da água e uma análise cuidadosa dos impactos ambientais e sociais desses sistemas. A construção de barragens, por exemplo, pode afetar a fauna e a flora local, além de afetar o modo de vida das comunidades ribeirinhas.

A gestão integrada de recursos hídricos é fundamental para garantir a sustentabilidade dos sistemas de transporte de água, como destacam Braga *et al.* (2019). A gestão integrada envolve a coordenação entre diferentes agências governamentais e entre diferentes setores de uso da água, a fim de garantir a eficiência e a eficácia da infraestrutura de transporte de recursos hídricos. Ademais, a gestão integrada também deve considerar a preservação e recuperação dos ecossistemas aquáticos.

A eficiência dos sistemas de transporte de água pode ser medida pela capacidade de atender à demanda hídrica das regiões receptoras, com o menor custo possível e menor impacto ambiental. Nesse sentido, estudos como o de Haddad *et al.* (2019) buscam avaliar a viabilidade econômica e ambiental de projetos de transposição de água, considerando aspectos como a demanda, os custos de construção e manutenção, e os impactos ambientais e sociais.

Além disso, a infraestrutura de transporte de recursos hídricos pode ser utilizada para fins de irrigação, que é um dos principais usos da água no Brasil. A irrigação pode aumentar a produtividade agrícola, mas é necessário que haja uma gestão adequada da água, que leve em consideração os aspectos socioeconômicos e ambientais da região. O estudo de Freitas *et al.* (2019) avaliou a eficiência do uso da água na irrigação de culturas agrícolas no semiárido brasileiro, destacando a importância da gestão integrada dos recursos hídricos e do uso de tecnologias de irrigação mais eficientes.

Ainda em relação à gestão de recursos hídricos, é importante destacar a atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Segundo Silva *et al.* (2019), os Comitês de Bacias Hidrográficas são responsáveis pela gestão dos recursos hídricos em suas respectivas bacias, e têm como objetivo promover a participação da sociedade na tomada de decisões relacionadas ao uso da água. Nesse sentido, a participação da sociedade civil nos Comitês é fundamental para garantir a gestão integrada e participativa dos recursos hídricos. Por fim, é importante mencionar a importância da pesquisa científica para o avanço da gestão de recursos hídricos no Brasil. Segundo Carvalho *et al.* (2018), a pesquisa científica pode contribuir para o



desenvolvimento de tecnologias e estratégias que aumentem a eficiência no uso da água, bem como para a compreensão dos impactos das atividades humanas sobre os recursos hídricos. Nesse sentido, é fundamental que haja investimento em pesquisa científica na área de recursos hídricos, visando ao desenvolvimento sustentável e à conservação dos recursos hídricos no país.

Em resumo, a infraestrutura de transporte de recursos hídricos é uma ferramenta importante para a gestão da água no Brasil, especialmente em regiões onde a disponibilidade hídrica é limitada. No entanto, é necessário que haja uma gestão integrada e cuidadosa desses sistemas, a fim de garantir a eficiência, a sustentabilidade e a preservação dos ecossistemas aquáticos. Além disso, é fundamental que os aspectos socioeconômicos e ambientais sejam considerados, a fim de evitar impactos negativos nas comunidades locais e no meio ambiente.

#### **4.1.2 Irrigação eficiente**

Irrigar e molhar plantas podem parecer atividades semelhantes, mas são bastante distintas. Molhar é geralmente esporádico e sem controle preciso de quantidade, enquanto a irrigação é um processo controlado onde se calcula meticulosamente a água necessária para as plantas, especialmente quando não há chuva, garantindo que suas necessidades hídricas sejam completamente atendidas (Ferreira, 2011).

A gestão sustentável dos recursos hídricos no agronegócio requer soluções integradas e inovadoras para reduzir os impactos negativos do mau uso da água. Diversos estudos sugerem possíveis soluções para enfrentar os desafios da gestão da água no agronegócio brasileiro. Dentre as diversas soluções, uma delas seria a Irrigação por aspersão. A irrigação por aspersão é um método de aplicação de água que consiste em distribuir a água sobre a área de cultivo em forma de gotas finas, por meio de aspersores, conforme Figura 7.

Figura 7 - Irrigação por aspersão



Fonte: <<https://agropos.com.br/irrigacao-por-aspersao/>> Acesso em: 05 de maio de 2024.

Segundo Lima e Silva (2012), esse sistema é utilizado na agricultura para garantir o suprimento adequado de água às plantas, promovendo o crescimento saudável das culturas e aumentando a produtividade. De acordo com Souza *et al.* (2015), a irrigação por aspersão é altamente versátil e pode ser adaptada a diferentes tipos de culturas e tamanhos de áreas agrícolas. Além disso, esse sistema permite uma distribuição uniforme da água, reduzindo o desperdício e possibilitando um controle preciso da quantidade de água aplicada, tornando-o essencial para a agricultura moderna.

No Brasil, a irrigação por aspersão é amplamente adotada, abrangendo mais de 90% da área cultivada de hortaliças. No entanto, é importante ressaltar que a aspersão não é necessariamente a opção ideal para todas as condições de produção de hortaliças e nem atende a todos os interesses envolvidos. A escolha do sistema de irrigação deve ser feita com base em uma análise de viabilidade técnica e econômica, levando em consideração as características específicas de cada situação (Marouelli, 2008).

Ainda em conformidade com Marouelli (2008), existem diferentes tipos de sistemas de irrigação por aspersão, cada um com características distintas, vantagens e desvantagens específicas. Os sistemas mais utilizados incluem o sistema convencional (portátil, semi portátil e fixo), o sistema autopropelido e o sistema de pivô central.

A Tabela 1 apresenta algumas características desses sistemas em relação a custos, consumo de energia e mão-de-obra necessária. É essencial considerar as

vantagens e desvantagens de cada sistema, garantindo assim o sucesso do empreendimento. No entanto, o sucesso não depende apenas da escolha criteriosa do sistema, mas também do dimensionamento hidráulico e agrônômico adequado, bem como do manejo correto do sistema de irrigação e do uso racional da água durante todo o ciclo de desenvolvimento das plantas.

Tabela 1 - Valores típicos de eficiência da irrigação. custos de aquisição/implantação, uso de energia e mão-de-obra requerida para diferentes sistemas de irrigação por aspersão.

Sistema	Eficiência de irrigação (%)	Investimento inicial <sup>1</sup> (R\$/ha)	Uso de energia <sup>2</sup> (kWh/mm/ha)	Mão-de-obra <sup>3</sup> (h/ha/irrig.)
Convencional Portátil	50- 75	2.000-3.500	3,0- 6,0	1,5-3. 5
Convencional semiportátil	60-80	2.500- 5.000	3,0- 6,0	0,7-2, 5
Convencional fixo	70-85	4.500-10.000	3,0- 6,0	0,2-0,5
Autopropelido	65- 80	3.500-5.500	6.0- 9,0	0,5-1 ,0
Pivô central	75-90	4.000- 7.500	2,0- 6,0	0,1- 0,7

<sup>1</sup> Depende da qualidade de equipamento. tamanho da área. dentre ou tros.

<sup>2</sup> Estimado para uma altura de recalque entre 0 m e 50 m. DiVidir kWh/mm/ha por 3.2 para estimar litros de diesel/mm/ha

<sup>3</sup> Depende do projeto. eficiência gerenciai. qualidade de mão-de-obra. dentre outros

Fonte: Adaptado de Marouelli (2008)

Ferreira (2011) descreve diferentes sistemas de irrigação em termos de portabilidade e custos operacionais. Os sistemas portáteis consistem em tubulações que podem ser movidas manualmente, o que aumenta o custo operacional devido à maior necessidade de mão de obra. Já os sistemas semiportáteis envolvem linhas laterais móveis com linhas principais fixas, oferecendo uma economia de capital, mas ainda exigindo mais mão de obra. Por fim, os sistemas fixos permanentes, com todas as linhas enterradas, são ideais para pequenas áreas com culturas de alto valor, apesar do alto custo inicial.

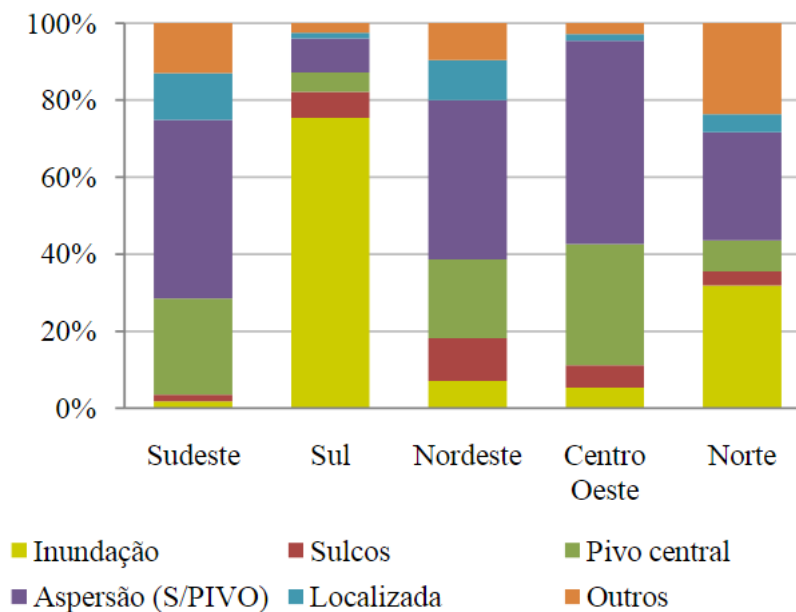
Segundo a Embrapa (2022), um sistema de irrigação eficiente deve ser adequadamente dimensionado e operado para manter o teor de umidade do solo próximo ao da capacidade de campo, minimizando as perdas de água. A eficácia deste sistema está ligada ao volume de solo acessível às raízes das plantas, sendo qualquer água além deste volume considerada perdida, pois não está ao alcance das raízes.

De acordo com Ferreira (2011), o sistema de irrigação por aspersão oferece várias vantagens, como a adaptação a diferentes condições topográficas sem

necessidade de nivelamento do solo, controle eficaz da quantidade de água aplicada com bom manejo, e possibilidade de automatização para economia de mão de obra. Além disso, é destacada a eficiência na economia de água, a aplicação de tratamentos fitossanitários através da água de irrigação, mínima interferência nas práticas culturais, e a redução de perdas por evaporação ou infiltração, com a opção de enterrar tubulações para maximizar a área cultivável.

A distribuição dos métodos de irrigação no Brasil é detalhada na Figura 8 e Tabela 2. Na região Sudeste, que tem a maior área de irrigação, o método por aspersão domina, representando mais de 70% da área, com destaque para a aspersão sem pivô, abrangendo 736.589 hectares, ou 46% do total. As técnicas de inundação e sulcos representam menos de 4%. Similarmente, a irrigação por aspersão é predominante no Nordeste (609.052 hectares) e Centro-oeste (462.950 hectares), com a aspersão sem pivô constituindo 41,4% e 52,8%, respectivamente, nessas regiões.

**Figura 8 - Distribuição dos métodos de irrigação no Brasil**



Fonte: Adaptado Embrapa (2011)

**Tabela 2 - Distribuição da área irrigada nas regiões administrativas e métodos de irrigação**

Região	Métodos (1000 ha)						Total
	Inund. <sup>1</sup>	Sulcos	Pivô <sup>2</sup>	Asp. <sup>3</sup>	Loc. <sup>4</sup>	Outros	
Sudeste	27,74	28,32	395,59	736,59	192,81	205,69	1586,74
Sul	923,83	82,55	61,35	108,43	17,65	30,77	1224,58
Nordeste	69,62	109,71	201,28	407,77	102,97	93,99	985,34
Centro-Oeste	29,24	32,18	173,05	289,89	9,41	15,69	549,46
Norte	34,31	3,9	8,78	30,28	5,02	25,5	107,79

<sup>1</sup>Inundação, <sup>2</sup>Pivô Central, <sup>3</sup>Aspersão (S/PIVO), <sup>4</sup>Localizada

Fonte: Adaptado Embrapa (2011)

Ao selecionar um sistema de irrigação por aspersão, é fundamental considerar as características específicas de cada sistema, os custos envolvidos, o consumo de energia e a mão-de-obra necessária. Além disso, é necessário um dimensionamento hidráulico e agrônômico adequado, juntamente com um manejo cuidadoso do sistema e uso eficiente da água, para garantir o sucesso do empreendimento agrícola.

O fato da agricultura brasileira possuir maior quantidade, sistemas de irrigação pressurizados, remete a possibilidade de melhorias significativas no uso racional da água, tendo em vista que incrementos relevantes na eficiência do uso da água em sistemas por aspersão podem ser obtidos mais facilmente do que em sistemas por superfície, com a adequação de práticas básicas no manejo da irrigação (Christofidis, 2015).

No trabalho de Muxito et.al. (2018) foi aplicado o uso de IoT no desenvolvimento de uma plataforma que envolve Arduino e uma aplicação Web para o controle do processo de irrigação. As funcionalidades deste sistema seriam a leitura da umidade do solo, automatização da decisão de irrigar, histórico de registros de leitura, apresentação dos registros e painel para controle do tempo e agendamento do ciclo de irrigação.

#### 4.2. AÇÕES SUSTENTÁVEIS PROMOVIDAS POR EMPRESAS DO AGRONEGÓCIO

O agronegócio é responsável por movimentar, significativamente, a economia do Brasil, uma vez que contribui com a geração de emprego e renda, além de fornecer produtos indispensáveis para a população brasileira e para demais países do mundo. Sua produção está diretamente ligada aos recursos naturais. Conforme

o relatório do Boston Consulting Group, o setor agrícola brasileiro não apenas sustenta economicamente várias regiões, mas também enfrenta desafios ambientais que exigem soluções sustentáveis (Boston Consulting Group, 2023), logo, não basta que as empresas do setor apresentem apenas informações de ordem econômica, mas é importante esclarecer ainda como atuam frente às questões socioambientais.

Em vista disso, serão trazidas, com a finalidade de exemplo de boas práticas, as ações sustentáveis divulgadas por algumas empresas do agronegócio listadas na Bolsa de Valores, relacionando-as com os ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) disponibilizados pelas Nações Unidas no Brasil dos respectivos objetivos da Agenda 2030 (ONU BR, 2021).

#### 4.2.1 BrasilAgro

A Brasilagro é uma empresa do setor do agronegócio, esta realiza a aquisição, desenvolvimento, exploração e comercialização de propriedades rurais com aptidão agropecuária. Atualmente, a empresa busca implementar culturas de maior valor agregado e também realiza investimentos em infraestrutura e tecnologia conforme relatório de sustentabilidade do último ano (BrasilAgro, 2023).

A Tabela 3 tem retrata as práticas executadas, no que diz respeito a gestão dos recursos hídricos, pela empresa com o objetivo de mitigar e conscientizar sobre o mau uso da água no setor.

Tabela 3 - Ações de Responsabilidade Ambiental da BrasilAgro

Ações
Investimento em sistemas de gestão ambiental
Gestão do consumo
Tratamento de efluentes
Programa Agentes de Transformação (PAT)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A partir dos resultados apresentados pela BrasilAgro em seu relatório de sustentabilidade anual, vale evidenciar que foram realizados investimentos em

sistemas de gestão ambiental no valor de cerca de R\$ 215 mil, segundo divulgado esses investimentos foram destinados à introdução de técnicas agrícolas adequadas e culturas rentáveis, além de investimentos em infraestrutura e tecnologia que visam o uso correto dos recursos hídricos (BrasilAgro, 2023).

A Companhia mostra-se consciente no aspecto ambiental e na correlação entre as atividades agrícola e pecuária e a necessidade da gestão dos recursos hídricos, para atenuar o impacto do uso da água, a demanda é sempre ajustada à disponibilidade hídrica, de modo que o consumo fica restrito ao volume licenciado. Além disso, o manejo racional desse recurso é praticado, respeitando-se o volume e a necessidade operacional para evitar desperdícios, isso em licenciamento junto aos órgãos ambientais competentes (BrasilAgro, 2023).

De acordo com as informações prestadas no relatório de 2022/2023, a empresa controla a quantidade de água consumida por meio de hidrômetros instalados em suas unidades e, para garantir a qualidade dos recursos hídricos, efetua análises contínuas em laboratórios especializados, não faz o descarte de efluentes nos cursos d'água e não realiza atividades potencialmente poluidoras nas suas proximidades.

No que diz respeito ao tratamento de efluentes, algumas unidades possuem biodigestores para tratar o esgoto doméstico de casas, refeitórios e alojamentos. São utilizadas caixas de separação de água e óleo para o tratamento e posterior descarte das águas de lavagens de máquinas e equipamentos. Na unidade Fazenda São José, no Maranhão, os resíduos do processamento de cana da Usina Agrosserra são reaproveitados para a fertirrigação dos canaviais da própria unidade. (BrasilAgro, 2023).

Em julho de 2020, foi criado o Instituto BrasilAgro para coordenar todas as ações sociais da empresa. O Instituto BrasilAgro, uma organização sem fins lucrativos e braço social da empresa, tem como princípio a crença na educação como meio de transformação do futuro das pessoas. Nos últimos três anos, as atividades do Instituto se intensificaram, aumentando o número de pessoas impactadas e fortalecendo os laços com a comunidade, colaboradores, organizações sociais, setor público e demais stakeholders. Todos os projetos são voltados para o desenvolvimento local e engajamento comunitário. Nos anos de 2022 e 2023, foram realizados três projetos, beneficiando no total 1.266 pessoas, direta ou indiretamente,

abordando temas como produção e consumo de produtos orgânicos, eliminação dos desperdícios e reutilização da água. (BrasilAgro, 2023).

Com base nas práticas executadas pela corporação e com os objetivos de desenvolvimento sustentável em foco, conforme Tabela 4, pode-se validar o existente entre as ações exercidas e a colaboração com o cumprimento dos ODS, evidenciados na Tabela 5.

Tabela 4 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Objetivo 6	Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos
Objetivo 9	Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação
Objetivo 12	Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.
Objetivo 16	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.

Fonte: Adaptado Nações Unidas no Brasil (2024).

Tabela 5 – Correlação ODS e Ações de Responsabilidade Ambiental da BrasilAgro

Ações	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
Investimento em sistemas de gestão ambiental	Objetivo 9
Gestão do consumo	Objetivo 6
Tratamento de efluentes	Objetivo 6
Programa Agentes de Transformação (PAT)	Objetivo 16

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Após conhecer as condutas sustentáveis adotadas pela BrasilAgro e sua corroboração com o atingimento dos objetivos de desenvolvimento sustentável, foram apuradas as informações da SLC Agrícola.

#### 4.2.2 SLC Agrícola

A SLC Agrícola, é uma empresa produtora de commodities agrícolas fundada em 1977, com foco na produção de soja, algodão e milho, além de trabalhar com criação de gado, fazendo a integração lavoura-pecuária. Também é detentora da marca SLC Sementes, que produz e comercializa sementes de soja e algodão.



A empresa divulga, anualmente, sua performance socioambiental em relatórios integrados. A publicação mais recente refere-se ao ano de 2022 e nela contém uma série de ações voltadas ao meio ambiente, como pode-se visualizar na Tabela 6.

Tabela 6 - Correlação ODS e Ações de Responsabilidade Ambiental da SLC Agrícola

Ações	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
Gestão de resíduos	Objetivo 12
Aplicação seletiva de agrotóxicos	Objetivo 12
Consumo consciente de água	Objetivo 6
Monitoramento automatizado	Objetivo 6

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A SLC Agrícola se empenha em gerenciar adequadamente seus resíduos sólidos para evitar a poluição do solo e contribuir com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12 – Consumo e Produção Responsáveis. A empresa opera centrais temporárias de resíduos, onde realiza a separação de materiais perigosos e não perigosos. Esses materiais são então descartados de forma adequada ou reintegrados ao ciclo produtivo, minimizando o risco de contaminação ambiental por efluentes (SLC, 2023).

Ao mesmo tempo, a adoção crescente de soluções inovadoras no campo traz significativos benefícios ambientais. A SLC Agrícola, por exemplo, utiliza pulverizadores equipados com sensores que identificam ervas daninhas em tempo real, permitindo a aplicação de agrotóxicos somente onde é necessário. Adicionalmente, a empresa desenvolve e testa diferentes tipos de microrganismos para o controle biológico de pragas. Essas práticas estão alinhadas com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12 – Consumo e Produção Responsáveis, pois reduzem a quantidade de químicos liberados no ambiente e promovem o uso de biopesticidas que substituem produtos sintéticos, diminuindo a contaminação das águas e favorecendo o equilíbrio dos ecossistemas (SLC, 2023).

As plataformas de gestão de irrigação da empresa reduzem em 20% o consumo de água. Na Fazenda Pamplona, um projeto-piloto foi concluído em 2022 para monitorar automaticamente o consumo de água e a geração de efluentes. Esse sistema está sendo expandido para toda a sede principal da fazenda. Com o monitoramento automatizado, é possível mitigar perdas e corrigir ineficiências,

potencialmente reduzindo ainda mais o consumo de água em outros usos, além da irrigação. A expectativa é que essa tecnologia de automação seja implementada em todas as fazendas da SLC Agrícola nos próximos anos (SLC, 2023), projeto este, em alinhamento com o ODS 6 - Assegurar a gestão sustentável da água, como menciono no relatório, a empresa adota iniciativas de conscientização sobre a economia de água, instala torneiras equipadas com temporizadores e aeradores e busca evitar novas captações de água, optando pelo reaproveitamento através do tratamento de efluentes sempre que possível.

É evidente que a SLC Agrícola valoriza bastante o uso eficiente e a conservação dos recursos naturais, o que levou a empresa a ser reconhecida com o Prêmio Exame Melhores do ESG 2022. Este prêmio destaca as empresas por suas iniciativas em responsabilidade social, práticas ambientais e governança corporativa. (SLC, 2022)

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No presente trabalho entende-se como é crucial enfatizar as abordagens eficazes para uma gestão responsável dos recursos hídricos na indústria agropecuária. Dessa forma, destacaram-se duas áreas de intervenção principais: o desenvolvimento de infraestrutura para o transporte de recursos hídricos e a implementação de sistemas de irrigação eficientes.

Com base nas observações, conclui-se que empresas do setor agropecuário listadas na B3 têm se dedicado a fornecer informações sobre suas práticas de sustentabilidade. As publicações dessas empresas, variando em detalhes, demonstram compromisso com práticas socioambientais responsáveis ao longo de seus processos produtivos. A revisão desses relatórios confirmou a relevância destacada por estudiosos, revelando a preocupação dessas empresas com o bem-estar coletivo e a crescente atenção dos investidores para com essas questões.

Esse estudo contribuiu para a expansão do conhecimento científico sobre sustentabilidade e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Adicionalmente, as análises realizadas oferecem uma perspectiva mais abrangente sobre grandes empresas do agronegócio brasileiro, avaliando seu desempenho não só do ponto de vista econômico, mas também sob uma ótica ambiental e social.

Cumpriu-se com o objetivo geral de mostrar alternativas destinadas ao

aprimoramento do uso de recursos hídricos como fator impactante na produtividade do setor agroindustrial. Tais como a infraestrutura de transporte de recursos hídricos e a irrigação eficiente como pilares fundamentais para a gestão sustentável da água no agronegócio brasileiro.

Além disso, nos estudos apresentados as projeções futuras demonstram o significativo investimento destinado ao desenvolvimento de métodos de produção em larga escala, que simultaneamente prezam pela qualidade e respeitam o meio ambiente. Essa tendência reforça a perspectiva de que profissionais qualificados na área terão uma sólida garantia de mercado, uma vez que o setor está em constante expansão.

Ficou claro que na área da Engenharia de Produção, torna-se imprescindível conduzir pesquisas que abordem o tema da "sustentabilidade" para avaliar a produtividade científica. O interesse nesse tema tem crescido nos últimos anos, acompanhado pela conscientização da sociedade sobre sua relevância. Práticas socioambientais responsáveis, que anteriormente eram características distintivas de grandes empresas, agora são requisitos essenciais para reconhecimento e competitividade no mercado. Portanto, uma das responsabilidades do Engenheiro de Produção é harmonizar a gestão dos negócios com essa demanda crescente por comportamentos mais sustentáveis.

Essa demanda crescente por práticas sustentáveis e eficientes cria oportunidades promissoras para aqueles que se dedicam a atuar nesse campo, promovendo a valorização e a relevância da formação profissional nesse segmento. Para futuras pesquisas sugere-se uma pesquisa empírica com gestores de empresas que prezam pela sustentabilidade do setor agroindustrial para entender como a adoção de sistemas de irrigação eficientes, como a irrigação por aspersão e o uso racional da água e, assim compreender a eficiência dessas alternativas.

## REFERÊNCIAS

ABEPRO. Proposta de diretrizes curriculares para cursos de graduação em Engenharia de Produção - 2001 Piracicaba: **ABEPRO**, 2001. Disponível em <<http://www.abepro.org.br/diretrizes.htm>>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Água no mundo**. Disponível em <<https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>>. Acesso em 13 de novembro de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Usos da água**. Disponível em <Usos da água — Português (Brasil) (www.gov.br) >. Acesso em 13 de novembro de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Balanco Hídrico Quali- Quantitativo**. Disponível em < Balanco Hídrico Quali-Quantitativo (snirh.gov.br)>. Acesso em 13 de novembro de 2022.

ARAÚJO, R. **Água e agronegócio: conflitos e desafios**. Revista de Administração Pública, 2019.

AZEVEDO NETTO, J. M. **Cronologia dos serviços de esgotos, com especial menção ao Brasil**. Revista DAE, 1959. Disponível em <<http://revistadae.com.br/site/artigo/704-Cronologia-dos-servicos-de-esgotos,-com-especial-mencao-ao-Brasil>>. Acesso em 23 de outubro de 2023.

BAGATIN, R.; KLEMEŠ, J. J.; REVERBERI, A. P.; HUISINGH, D.. Conservation and improvements in water resource management: a global challenge. *Journal of Cleaner Production*, v.77, p.1-9, 2014. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.027>>. Acesso em 12 de Março de 2024.

BARRETO *et al.* **Gestão integrada de recursos hídricos no agronegócio: desafios e perspectivas**. Cadernos de Agroecologia, 2019, 14(1), 1-8.

BRAGA *et al.* **Gestão integrada de recursos hídricos**. Editora UFMG, 2019.

BRASIL, 1997. Lei Federal nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em <<https://legis.senado.leg.br/norma/551309#:~:text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de,28%20de%20dezembro%20de%201989.>> Acesso em 22 de Abril de 2024.

BRASILAGRO. **Relatório de Sustentabilidade 2022/23**, 2023. 63 p. Disponível em: <<https://ri.brasil-agro.com/governanca/relatorio-de-sustentabilidade/>> Acesso em: 15 de Abril de 2024.

BOSTON CONSULTING GROUP. **Seed of the Future: Brazil's Agriculture Fostering Climate Transition**. Disponível em <<https://web->

assets.bcg.com/97/6a/ca8d1057436a81d4e0a94beab6a1/en-report-brazil-seed-of-the-future.pdf. Acesso em 17 de Abril de 2024.

CÂMARA, R. B. **Gestão de recursos hídricos na agricultura brasileira**. Embrapa, 2018. Documento técnico 218.

CARVALHO *et al.* **Água: desafios e perspectivas para o Brasil**. Estudos Avançados, 32(93), 11-23. 2018.

CHRISTOFIDIS, D. **Água, irrigação e segurança alimentar**. Ministério da Integração Nacional. Série Irrigação e água: I 2015. Brasília: IICA, 2015.

CNI - Confederação Nacional da Indústria (Brasil). **A Indústria e o Brasil: uma agenda para o crescimento**. Brasília: CNI. 2002. 92 p.

CRISTINA, Ana et al. A área de Engenharia da Sustentabilidade: definição, subáreas, mercado de trabalho e projeções futuras. **IV Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, Anais**, p. 9-14, 2010.

DIRCEU D' A. T. E REGINA H. P. G. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Blucher, 2010, 2ª Edição.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212p.

EMBRAPA. **Eficiência**, 2022. Disponível em < <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/producao/irrigacao/eficiencia>>. Acesso em 20 de Janeiro de 2024.

EMBRAPA. **SITUAÇÃO DA AGRICULTURA IRRIGADA NO BRASIL DE ACORDO COM O CENSO AGROPECUÁRIO**. Disponível em < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/47913/1/2011AP16.pdf>>. Acesso em 20 de Janeiro de 2024.

FAO. **The Future of Food and Agriculture – Alternative Pathways to 2050**. Food and Agriculture Organization of the United. 2020. Disponível em <<https://www.fao.org/3/CA1553EN/ca1553en.pdf>>. Acesso em 05 de maio de 2023.

FERREIRA, Valber Mendes. **Irrigação e drenagem**. Floriano, PI: EDUFPI, 2011.

FREIRE *et al.* **Práticas de manejo de irrigação em áreas de agricultura familiar: um estudo de caso na região do Vale do São Francisco**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, 11(4), 2375-2384, 2017.

FREITAS *et al.* **Avaliação da eficiência do uso da água na irrigação de culturas agrícolas no semiárido brasileiro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 23(2), 85-91, 2019.

GRECO, Marcia. **Crise hídrica: entenda as principais causas da escassez de água.** Disponível em: <<https://blog.brkambiental.com.br/escassez-de-agua/>> Acesso em: 01 de nov. de 2022

GRIMAL, P. **Un urbanisme de l'eau à Rome.** In: BERNADIS, M. A.; NESTEROFF, A. (orgs.). *Le grand livre de l'eau.* p.97-105. Paris: La Manufacture et La Cité des Sciences et de l'Industrie. 1990

HADDAD *et al.* **Avaliação econômico-ambiental de projetos de transposição de água: o caso do Projeto de Integração do Rio São Francisco.** *Revista de Administração Pública*, 53(1), 128-144, 2019.

HELLER, L. **Os Direitos Humanos à Água e ao Saneamento.** Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2022.

HUNTER, D., SALZMAN, J. and ZAELKE, D. **International Environmental Law and Policy.** University Casebook Series. New York: Foundation Press, 1998, p. 802-854.

HOEKSTRA, A.; HUYNEN, M. **Balancing the world water demand and supply.** In: *Transitions in a Globalising World.* Routledge, 2021. p. 17-35.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad.** [2014]. Disponível em: <<https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/>>. Acesso em 11 de novembro de 2022.

JANNUZZI, Celeste Aída Sirotheau Corrêa; SUGAHARA, Cibele Roberta; FERREIRA, Denise Helena Lombardo; FALSARELLA, Orandi Mina; MARIOSIA, Duarcides Ferreira. Olhar interdisciplinar da sustentabilidade na busca de fontes de informação sobre a água no Brasil. *Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares*, [S. l.], v. 1, p. 1–15, 2020. DOI: 10.24220/2675-7885v1e2020a5162. Disponível em: <https://seer.sis.puc-campinas.edu.br/sustentabilidade/article/view/5162>.

LEMOS, D. S, LEMOS, T. R. M. S. **Aspectos jurídicos da sustentabilidade da água.** *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, XII, n. 71, 2

MARTELLI, A.; FILHO, A. J. de O.; GUILHERME, C. D.; DOURADO, F. F. M.; SAMUDIO, E. M. M. **Análise de Metodologias para Execução de Pesquisas Tecnológicas / Analysis of Methodologies for Carrying out Technological Research.** *Brazilian Applied Science Review*, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 468–477, 2020. DOI: 10.34115/basrv4n2-006.

MUXITO, Ezequiel Manuel *et al.* **IoT na Agricultura: Automação de Pivôs e Canais de Irrigação com Arduino e Webservice.** In: III CONGRESSO INTERNACIONAL ADVENTISTA DE TECNOLOGIA (CIAT), 3., 2018, Hortolândia. Congresso. Hortolândia: Researchgate, 2018. p. 1 - 10.

NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL (ONU BR). (2021). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 02 de Maio de 2024.

PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. **Gestão de recursos hídricos na agricultura intensiva: desafios e soluções**. São Paulo: Editora Universitária, 2021.

RIBEIRO, W., 2019. **Dossiê: água, política e natureza**. Ambientes. Revista de Geografia e Ecologia Política 1(2), 9 - 10.

SANTOS, R. F. dos; CAPP FILHO, M. **A agroindústria e o setor agropecuário - nota incidental sobre o tema**. Revista de Economia e Sociologia Rural-RESR, vol. 19(1), março, 1981.

SILVA, V. P. R.; ALEIXO, DANILO DE O.; DANTAS NETO, J.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E. DE. **Uma medida de sustentabilidade ambiental: pegada hídrica**. Rev. bras. eng. agríc. ambient. [online]. 2013, vol.17, n.1, pp.100-105.

SLC AGRÍCOLA. **Relatório integrado 2022, 2023**. 114 p. Disponível em <<https://www.slccagricola.com.br/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio-integrado-slccagricola-2022.pdf>>. Acesso em 15 de Abril de 2024.

SLC AGRÍCOLA. **SLC integra Prêmio Melhores ESG da Revista Exame pela primeira vez, 2022**. Disponível em <<https://www.slccagricola.com.br/noticias/slc-integra-premio-melhores-esg-da-revista-exame-pela-primeira-vez/#:~:text=SLC%20Agr%C3%ADcola,-P%C3%A1gina%20inicial%20%2F%20Not%C3%ADcias&text=A%20empresa%20foi%20agraciada%20com,SLC%20Agr%C3%ADcola%20recebe%20essa%20premia%C3%A7%C3%A3o.>>> Acesso em 15 de Abril de 2024.

YASSUDA, E. R. **Gestão sustentável de recursos hídricos na agricultura**. São Paulo: Editora Universitária, 2020.



## COORDENADORIA DE TCC

### TERMO DE AUTENTICIDADE DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Eu, JAMIL SERAFIM NETO aluno(a), regularmente matriculado(a), no Curso de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, na disciplina do TCC da 2ª etapas matrícula nº 31735592 período NOTURNO, Turma 09T, tendo realizado o TCC com o título: AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA O APRIMORAMENTO DO USO DE RECURSOS HÍDRICOS COMO FATOR IMPACTANTE NA PRODUTIVIDADE DO SETOR AGROINDUSTRIAL, sob a orientação do (a) professor (a): PROF. DR. CELSO MINORU HARA, declaro para os devidos fins que tenho pleno conhecimento das regras metodológicas para confecção do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), informando que o realizei sem plágio de obras literárias ou a utilização de qualquer meio irregular.

Declaro ainda que, estou ciente que caso sejam detectadas irregularidades referentes às citações das fontes e/ou desrespeito às normas técnicas próprias relativas aos direitos autorais de obras utilizadas na confecção do trabalho, serão aplicáveis as sanções legais de natureza civil, penal e administrativa, além da reprovação automática, impedindo a conclusão do curso.

Assinatura do(a) aluno(a)

Campinas, quarta-feira, 15 de maio de 2024