



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**  
**NÍVEL MESTRADO**



**CAMILO RAFAEL PEREIRA BRANDÃO**

**CONTABILIZAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA AZUL, VERDE E CINZA DA**  
**RIZICULTURA NO PERÍMETRO IRRIGADO BETUME/SE**

**SÃO CRISTÓVÃO**

**2020**

**CAMILO RAFAEL PEREIRA BRANDÃO**

**CONTABILIZAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA AZUL, VERDE E CINZA DA  
RIZICULTURA NO PERÍMETRO IRRIGADO BETUME/SE**

Dissertação apresentada no Programa de Pós-  
Graduação em Desenvolvimento e Meio  
Ambiente da Universidade Federal de Sergipe.

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Inajá Francisco de Sousa

**SÃO CRISTÓVÃO**

**2020**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

B817c Brandão, Camilo Rafael Pereira  
Contabilização da pegada hídrica azul, verde e cinza da  
rizicultura no perímetro irrigado Betume/SE / Camilo Rafael Pereira  
Brandão ; orientadora Inajá Francisco de Sousa. – São Cristóvão,  
SE, 2020.  
128 f. : il.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio  
Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2020.

1. Arroz - Cultivo. 2. Recursos hídricos - Sergipe. 3. Produtos  
químicos agrícolas. I. Sousa, Inajá Francisco de, orient. II. Título.

CDU 502:633.18:556.18

**CAMILO RAFAEL PEREIRA BRANDÃO**

**CONTABILIZAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA AZUL, VERDE E CINZA DA  
RIZICULTURA NO PERÍMETRO IRRIGADO BETUME/SE**

Dissertação apresentado como requisito parcial  
para obtenção do título de Mestre pelo  
Programa de Pós-Graduação em  
Desenvolvimento e Meio Ambiente da  
Universidade Federal de Sergipe.

Aprovada em 24 de janeiro de 2020



---

Prof. Dr. Inajá Francisco de Sousa - Universidade Federal de Sergipe (UFS)  
Presidente-orientador



---

Prof. Dr.ª. Maria José Nascimento Soares - Universidade Federal de Sergipe (UFS)  
Examinador Interno



---

Prof.ª. Dr.ª. Tatiana Máximo Almeida Albuquerque – Instituto Federal de Sergipe (IFS)  
Examinador Externo

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).



---

Prof. Dr. Inajá Francisco de Sousa – Orientador

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA

Universidade Federal de Sergipe – UFS

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento de Meio Ambiente permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.



---

Camilo Rafael Pereira Brandão

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA

Universidade Federal de Sergipe – UFS



---

Prof. Dr. Inajá Francisco de Sousa – Orientador

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA

Universidade Federal de Sergipe – UFS

*Dedico este trabalho aos meus pais João Bosco  
Brandão e Osmira de Sousa Pereira Brandão,  
por todo incentivo ao longo da minha vida  
acadêmica até aqui, sem medir esforços para ajudar  
na realização desse sonho*

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço ao meu pai João Bosco Brandão e a minha mãe Osmira de Sousa Pereira Brandão e a minha avó Verônica Maria Brandão (*em memória*) por todo o suporte oferecido para a realização e conclusão desta fase.

A minha irmã Camila de Souza Pereira Brandão por todo o apoio e companheirismo, sempre me motivando a buscar meus sonhos, te amo.

Ao meu orientador Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Inajá Francisco de Sousa pela orientação, responsabilidade, disponibilidade e paciência durante estes dois anos de pesquisa. Muitíssimo obrigado por todo o aprendizado adquirido.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA da Universidade Federal de Sergipe pelas diversas contribuições que serviram como base para a realização deste trabalho.

A coordenação do curso, a professora Maria José Nascimento Soares por todo o apoio ao longo desses dois anos de estudo. A Luzia e Cícero por todo o acolhimento e agilidade na secretária do PRODEMA.

Aos amigos da turma 2018.1 que foram essenciais durante as disciplinas e que me acolheram tão bem neste novo Estado. Em especial a André Vinicius por todos os momentos compartilhados da graduação até aqui. À Daniela Rollemberg, Kênia Dantas, Iasmine Louise, Ingrid Carvalho, Isabelle Blengini pelos momentos de descontração, felicidade e lanches.

Agradeço de forma especial a Isadora Melo por todo o apoio em campo, você foi parte essencial na execução deste trabalho. Muito obrigado!

A todos os amigos que se fizeram presentes mesmo com minha ausência e distância em diversos momentos.

Agradeço a toda equipe da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) e aos rizicultores do perímetro irrigado Betume no baixo São Francisco pelo fornecimento dos dados vitais para esta dissertação.

A CAPES pela concessão da bolsa.

Por fim, a todos que de forma direta e indireta colaboraram para a execução desta pesquisa.

## RESUMO

A água é um recurso valioso e indispensável na manutenção dos ecossistemas terrestres, cerca de 53% da produção de água doce do continente sul-americano e 12% do total mundial se encontra no Brasil. Estudos mostram que a agricultura consome 70% da água doce do mundo com o uso de sistemas de irrigação e o lançamento de agentes poluidores nos corpos hídricos através do uso intensivo de agroquímicos tem efeito direto na qualidade da água que, por sua vez, afeta diretamente e indiretamente a saúde, segurança e bem-estar da população. O conceito da Pegada Hídrica (PH) vem ganhando destaque devido à importância de fazer a contabilização do uso da água, sendo importante indicador para ações que vise contornar os efeitos da escassez no mundo através da quantificação dos seus componentes. Considerando que o estado de Sergipe possui uma produção agrícola significativa dentro do cenário nordestino e brasileiro é importante conhecer a quantidade de água utilizada no desenvolvimento desta atividade, assim como sua rentabilidade e o uso dos produtos agroquímicos na região. Este trabalho teve por objetivo contabilizar a Pegada Hídrica (PH) dos componentes verde, azul e cinza na rizicultura do perímetro irrigado Betume, localizado no município de Neópolis/SE para os anos de 2016, 2017 e 2018 através do método proposto por Arjen Y. Hoekstra com o auxílio do software CROPWAT 8.0 da FAO, assim como conhecer a realidade dos rizicultores locais a respeito do manejo dos produtos agroquímicos e a rentabilidade do arroz. Os resultados obtidos evidenciaram que a PHverde foi responsável por 51% (2016), 34% (2017) e 60% (2018) de toda água utilizada na cultura. A maior PHazul entre os anos foi em 2017 (67%) e a PHcinza contabilizou cerca de (5%) para o ano de 2016 e (4%) para 2017 e 2018 respectivamente. Foram aplicados questionários junto aos rizicultores da região, as respostas obtidas nos levaram a conclusão de que não existe instruções e intervenções dos órgãos competentes para orientar estes trabalhadores no uso dos agroquímicos. Outra informação importante foi conseguida a partir dos dados de rentabilidade da cultura, sendo possível identificar que a falta investimentos por parte do governo estadual para garantir a autonomia dos rizicultores no repasse final dos hectares de arroz colhidos afeta a geração de maiores lucros para a região. Espera-se contribuir com área das ciências ambientais, a partir da gestão dos recursos hídricos na região do baixo São Francisco, minimizando os impactos sociais e ambientais ocasionados pelo manejo dos produtos agroquímicos e econômicos na desvalorização do arroz na região.

Palavras chaves: Corpos hídricos, Cultivo de arroz, Agroquímicos.

## ABSTRACT

The water is a valuable and indispensable resource for the maintenance of terrestrial ecosystems, about 53% of freshwater production in the South American continent and 12% of the world total is in Brazil. Studies show that agriculture consumes 70% of the world's freshwater through the use of irrigation systems and the release of pollutants into water bodies the intensive use of agrochemicals has a direct effect on water quality, which in turn directly affects and indirectly the health, safety and welfare of the population. The concept of Water Footprint (WF) has been gaining prominence due to the importance of accounting for water use, being an important indicator for actions aimed at circumventing the effects of scarcity in the world through the quantification of its components. Considering that the state of Sergipe has a significant agricultural production within the Northeastern and Brazilian scenario it is important to know the amount of water used in the development of this activity, as well as its profitability and the use of agrochemicals in the region. This work aimed to account the Water Footprint (WF) of the green, blue and gray components in the irrigation perimeter of the Betume irrigated perimeter, located in Neópolis / SE for 2016, 2017 and 2018 through the method proposed by Arjen Y. Hoekstra with the help of FAO's CROPWAT 8.0 software, as well as getting to know the reality of local rice farmers regarding the management of agrochemicals and the profitability of rice. The results showed that WF<sub>green</sub> accounted for 51% (2016), 34% (2017) and 60% (2018) of all water used in the crop. The largest WF<sub>blue</sub> between the years was in 2017 (67%) and WF<sub>gray</sub> accounted for about (5%) for 2016 and (4%) for 2017 and 2018 respectively. Questionnaires were applied to the rice farmers of the region, the answers led us to the conclusion that there are no instructions and interventions from the competent agencies to guide these workers in the use of agrochemicals. Other important information was obtained from the crop profitability data, and it is possible to identify that the lack of investments by the state government to guarantee the autonomy of rice farmers in the final transfer of the hectares of harvested rice affects the generation of higher profits for the region. It is expected to contribute to the area of environmental science, starting with the management of two water resources in the São Francisco region, minimizing the social and environmental impacts caused by the handling of agrochemical and economic products in the devaluation of rice in the region.

Keywords: Water Bodies. Rice culture. Agrochemicals

## LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DHC	Demanda hídrica da cultura
DIB	Distrito de Irrigação do Betume
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETc	Evapotranspiração da cultura
ETmax	Evapotranspiração máxima
ETo	Evapotranspiração de referência
FAO	Organização das Nações Unidas
GC1	Bacias Costeiras 1
GC2	Bacias Costeiras 2
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETI	Instituto Nacional de Meteorologia
Kc	Coefficiente de Cultura
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NEB	Região Nordeste do Brasil
P <sub>eff</sub>	Precipitação efetiva
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PH	Pegada Hídrica
PHAZUL	Pegada Hídrica Azul
PHCINZA	Pegada Hídrica Cinza

PHVERDE	Pegada Hídrica Verde
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SRH	Secretaria de Estado de Recursos Hídricos
USDA SCS	Conservação do Solo do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
GC1	Grupo de Bacias Costeiras 1
GC3	Grupo de Bacias Costeiras 2

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Distribuição da água doce nas regiões do Brasil.....	<b>22</b>
<b>Figura 2</b> – Bacias Hidrográficas do Estado de Sergipe.....	<b>24</b>
<b>Figura 3</b> – Instrumentos de gestão e enquadramento hídrico.....	<b>26</b>
<b>Figura 4</b> – Objetivos do Milênio para o Desenvolvimento Sustentável para o ano de 2030.....	<b>29</b>
<b>Figura 5</b> – Componentes da Pegada Hídrica.....	<b>29</b>
<b>Figura 6</b> – Fases de Avaliação da Pegada Hídrica.....	<b>32</b>
<b>Figura 7</b> – Pegada Hídrica per capita em diversos países (m <sup>3</sup> /ano) entre 1996 e 2005.....	<b>34</b>
<b>Figura 8</b> – Localização do Perímetro Irrigado Betume, Sergipe.....	<b>49</b>
<b>Figura 9</b> – Lote experimental em fase de preparação para plantio (a), em fase de desenvolvimento (b).....	<b>51</b>
<b>Figura 9</b> – Canais de distribuição entre os lotes (c) e comportas para liberação da água (d).....	<b>51</b>
<b>Figura 10</b> – Mapa esquemático da localização das estações de bombeamento no Perímetro Irrigado Betume.....	<b>53</b>
<b>Figura 11</b> – Estação meteorológica Brejo Grande – A421.....	<b>55</b>
<b>Figura 12 a</b> – Layout do software CROPWAT 8.0 – SE.....	<b>65</b>
<b>Figura 12 b</b> – Layout do software CROPWAT 8.0 – SE.....	<b>66</b>
<b>Figura 13</b> – Capa e contracapa da cartilha com dados da rizicultura no baixo São Francisco e a saúde dos rizicultores locais.....	<b>65</b>
<b>Figura 14</b> – Valores de evapotranspiração azul e verde da rizicultura em 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume em Neópolis – SE.....	<b>68</b>

<b>Figura 15</b> – Valores da demanda hídrica azul e verde da rizicultura em 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume em Neópolis – SE. ....	<b>66</b>
<b>Figura 16</b> – Valores da Pegada Hídrica Verde nos anos de 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume.....	<b>72</b>
<b>Figura 17</b> – Valores da Pegada Hídrica Azul nos anos de 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume.....	<b>73</b>
<b>Figura 18</b> – Valores da Pegada Hídrica Cinza nos anos de 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume.....	<b>75</b>
<b>Figura 19</b> – Valores da Pegada Hídrica Total nos anos de 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume.....	<b>76</b>
<b>Figura 20</b> – Comparação entre os valores da Pegada Hídrica nos anos de 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume.....	<b>77</b>
<b>Figura 21</b> – Etapas da produção da cultura de arroz.....	<b>79</b>
<b>Figura 22</b> – Porcentagem de rizicultores dividido em homens e mulheres.....	<b>83</b>
<b>Figura 23</b> – Faixa Etária dos agricultores da rizicultura do baixo são Francisco.....	<b>84</b>
<b>Figura 24</b> – Grau de escolaridade dos agricultores locais.....	<b>85</b>
<b>Figura 25</b> – Profissão e renda dos agricultores locais.....	<b>86</b>
<b>Figura 26</b> – Tempo de experiência na rizicultura.....	<b>87</b>
<b>Figura 27</b> – Local de compra dos produtos agroquímicos pelos rizicultores do Betume.....	<b>89</b>
<b>Figura 28</b> – Conhecimento dos entrevistados sobre o receituário agrônômico.....	<b>90</b>
<b>Figura 29 (a e b)</b> – Existe algum tipo de orientação para a realização da compra? Se sim, quem orienta?.....	<b>91</b>
<b>Figura 30</b> – Aplicação de agroquímicos nas propriedades da rizicultura.....	<b>94</b>
<b>Figura 31</b> – Questionamento sobre os pontos de recolhimento de embalagens vazias.....	<b>95</b>

**Figura 32** – Destinação final dos produtos agroquímicos por agricultores no perímetro irrigado Betume.....**96**

**Figura 33** - Alternativas citadas pelos agricultores como contribuição para a redução do uso de agroquímicos nos campos.....**94**

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Tipos de Pegada Hídrica.....	<b>33</b>
<b>Quadro 2</b> – Quantidade, consumo e comercialização do arroz no Brasil.....	<b>41</b>
<b>Quadro 3</b> – Identificação e diferenciação dos tipos de cultivares.....	<b>54</b>
<b>Quadro 4</b> – Planilha de custos da produção do arroz.....	<b>80</b>
<b>Quadro 5</b> - Valores da renda bruta, receita líquida, despesas totais do ciclo de produção e o lucro estimado por lote.....	<b>81</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Comércio mundial de arroz no ano de 2003 em toneladas.....	<b>38</b>
<b>Tabela 2</b> – Médias mensais das variáveis meteorológicas para o ano de 2016 na região do perímetro irrigado Betume – SE.....	<b>66</b>
<b>Tabela 3</b> – Médias mensais das variáveis meteorológicas para o ano de 2017 na região do perímetro irrigado Betume – SE.....	<b>67</b>
<b>Tabela 4</b> – Médias mensais das variáveis meteorológicas para o ano de 2018 na região do perímetro irrigado Betume – SE.....	<b>67</b>
<b>Tabela 5</b> – Produtividade do lote experimental da rizicultura (toneladas) durante os anos de 2012, 2013 e 2014 no perímetro irrigado Betume em Neópolis – SE.....	<b>70</b>
<b>Tabela 6</b> - Valores utilizados para o cálculo da pegada hídrica cinza rizicultura na região do perímetro irrigado Betume em Neópolis – SE. ....	<b>70</b>
<b>Tabela 7</b> – Datas e quantidades de entrevistas aplicadas.....	<b>82</b>
<b>Tabela 8</b> – Você utiliza produtos agroquímicos no manejo de pragas na cultura?.....	<b>88</b>
<b>Tabela 9</b> – Respostas dos agricultores segundo o uso dos EPI's e se o não uso prejudica a saúde.....	<b>92</b>
<b>Tabela 10</b> – Casos de intoxicação no perímetro irrigado Betume.....	<b>94</b>
<b>Tabela 11</b> – Importância na diminuição de produtos agroquímicos utilizados.....	<b>97</b>
<b>Tabela 12</b> – Os agroquímicos podem contaminar o arroz em desenvolvimento e o meio ambiente?.....	<b>98</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.1</b>	<b>A água como elemento essencial: importância e gestão. ....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Gestão de Recursos Hídricos no Brasil.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2</b>	<b>Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3</b>	<b>Pegada Hídrica .....</b>	<b>26</b>
<b>2.4</b>	<b>Cultivo do Arroz.....</b>	<b>38</b>
<b>2.5</b>	<b>Agricultura e o Uso de Agroquímicos.....</b>	<b>42</b>
<b>2.6</b>	<b>Evapotranspiração de Referência (ET<sub>o</sub>) e a Evapotranspiração de Cultura (ET<sub>c</sub>) 44</b>	
<b>2.7</b>	<b>Coefficiente da cultura (K<sub>c</sub>).....</b>	<b>46</b>
<b>2.8</b>	<b>Precipitação efetiva (P<sub>eff</sub>) .....</b>	<b>46</b>
<b>2.9</b>	<b>CROPWAT 8.0 .....</b>	<b>47</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>66</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>101</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>104</b>
	<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>115</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é considerada um recurso ou bem econômico, sendo finita, vulnerável e essencial, a escassez deste recurso natural limita o desenvolvimento de regiões ao redor do mundo, sua gestão é importante e está associada ao seu manejo, ter controle sobre esse bem é garantir boas condições a vida humana. Tendo em vista seu grande impacto na vida em geral, é importante salientar como está dividido seu consumo.

Portanto, cerca de 70% da água doce retirada dos rios, lagos e aquíferos são utilizadas no processo de irrigação e o lançamento de agentes poluidores nos corpos hídricos decorrentes do uso de produtos agroquímicos afetam diretamente a qualidade água, sendo um dos principais impactos antrópicos do homem ao meio ambiente.

O Brasil se destaca no cenário hídrico mundial devido à grande descarga de água doce encontrada em seus rios, cuja produção hídrica é de  $117.900 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  somado a mais  $73.100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  da Amazônia internacional, no qual representando cerca de 53% da produção de água doce do continente sul-americano e 12% do total mundial (REBOUÇAS, 2006).

Historicamente a região Nordeste possui limitações climáticas, sendo a gestão dos recursos hídricos extremamente importantes para o desenvolvimento desta região, o Estado de Sergipe possui oito sistemas de rios, entre eles o rio São Francisco, Vaza Barris, Sergipe e Real que são pertencentes à união já que banham mais de um estado da federação. Porém o interior do estado ainda enfrenta grandes períodos de escassez de água no qual contrasta com a abundancia existente na região litorânea.

A bacia hidrográfica do rio São Francisco possui uma área total de  $638.323\text{km}^2$  (8% do território nacional), nascendo na Serra da Canastra (MG) e desaguando em Piaçabuçu (AL), a região do baixo São Francisco em Sergipe é a maior do estado, apresentando diversos afluentes e problemas devido as intervenções antrópicas, entre elas está diminuição do volume de água do canal principal no qual compromete a captação e drenagem dos perímetros de irrigação (BRASIL, 2006; CASADO et al. 2002; HOLANDA et al. 2008; AGUIAR NETTO et al. 2010).

Diante do aumento de atividades agrícolas dependentes da água para o desenvolvimento, surge à preocupação com o uso intensivo de defensivos agrícolas e o seu potencial de contaminação; a prática da agricultura sem devida fiscalização contribui na contaminação dos recursos hídricos (SANTOS et al. 2014).

Em 2002, Arien Y. Hoekstra definiu o conceito de Pegada Hídrica para medir o uso de água na produção de diversos itens, abrindo uma vasta aba de possibilidades para a investigação acerca da avaliação da quantidade de água utilizada na produção, objetivando conhecer o nível de sustentabilidade hídrica para o consumo apenas do necessário, não comprometendo assim a subsistência do ecossistema.

Este indicador considera o uso direto e indireto por consumidor ou produtor, permitindo contornar efeitos de escassez de água, demonstrando como as atividades e produtos interagem com a poluição da água, a redução da Pegada Hídrica é indispensável para a garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos (HOEKSTRA et al. 2011).

Por fim, é importante analisar os custos de produção no desenvolvimento de uma atividade agrícola já que o conhecimento das condições de mercado e dos recursos naturais dá ao produtor rural os elementos básicos para o desenvolvimento e aumento de lucro na sua atividade econômica (CREPALDI, 1998).

Diante da análise sobre o desdobramento socioambiental e econômico, considera-se a importância do baixo São Francisco para o Estado de Sergipe, no qual promove o desenvolvimento regional, sendo fator principal no desenrolar da rizicultura para os municípios produtores. Portanto, identificar os danos ocasionados aos corpos hídricos gerados pela intervenção do homem na natureza é necessária.

Analisando que Sergipe se encontra como um grande produtor de arroz do Nordeste e possui bom rendimento médio, observa-se um perfil importante na evolução da produção, a rizicultura é extremamente importante no desenvolvimento econômico regional e nacional e o rio São Francisco vem sendo afetado pela falta de um gerenciamento eficiente para o desenrolar da agricultura na região.

Este trabalho dissertativo fundamenta-se nesta justificativa, e tem como área de estudo o Perímetro Irrigado Betume, inserido na sub bacia hidrográfica do rio Betume, sendo tributário do rio São Francisco, localizado no município de Neópolis/SE, a rizicultura na região continua tem grande produtividade e pode ser afetada com o processo de salinização que afeta o rio São Francisco.

Portanto, o volume total de água utilizado atualmente na rizicultura sergipana atende à demanda hídrica? o manejo da irrigação é feito de maneira sustentável? a água possui destinação final adequada após plantio?

Diante do exposto, o objetivo geral do estudo determinar a Pegada Hídrica dos componentes verde, azul e cinza na rizicultura da região do baixo São Francisco, sua rentabilidade e o manejo dos produtos agroquímicos. Para complementar o entendimento, foi quantificado os valores dos componentes verde e azul da Pegada Hídrica utilizando o modelo CROPWAT 8.0 da FAO; a contabilização da rentabilidade de produção da rizicultura; a análise da compreensão dos agricultores locais a respeito dos riscos de exposição a produtos agroquímicos e; a elaboração de uma cartilha informativa com dados referentes a saúde do agricultor, manejo, destinação final dos produtos agroquímicos e Pegada Hídrica total do cultivo de arroz no baixo São Francisco.

Dada à relevância científica e social da pesquisa, encontra-se estruturada em 3 (três) capítulos, além da introdução e da conclusão. Cada capítulo conteve um arcabouço de referências teóricas que subsidiaram sua estruturação, onde, o primeiro apresentou uma revisão de literatura que embasaram o desenvolvimento desta dissertação, foram discutidos conceitos importantes sobre os recursos hídricos, reforçando sua importância na atualidade e para gerações futuras, abordando a inovação da Pegada Hídrica que busca um melhor gerenciamento destes recursos a fim de evitar a escassez ao redor mundo, bem como o uso de produtos agroquímicos afetam o desenvolvimento de uma agricultura sustentável, tendo pôr fim a importância dos valores monetários que coincidam com a região.

No segundo capítulo delimitou-se a área de estudo, no qual apresentam-se também a descrição da abordagem metodológica quali-quantitativa utilizada para nortear a pesquisa, assim como, as técnicas empregadas na geração dos resultados.

No terceiro capítulo foram contextualizadas as análises dos dados pesquisados durante o percurso metodológico com a utilização de dados primários e secundários e o uso de outros autores para a construção das discussões geradas a partir dos resultados obtidos através de gráficos, tabelas e quadros.

Nas conclusões é possível observar a finalidade da dissertação por meio das respostas que motivaram esta pesquisa, e por fim, as referências bibliográficas que são de extrema importância devido seu conteúdo científico e os apêndices que expõe sob forma de síntese uma cartilha divulgada no site da editora Criação que circulará entre os rizicultores e a população em geral que contribuirá para entender os riscos advindos do uso de defensores agrícolas.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

#### **2.1.1 A água como elemento essencial: importância e gestão.**

Desde os primórdios da vida no planeta terra a água sempre foi essencial para a sobrevivência e o desenvolvimento das espécies. O crescimento populacional do século XX fez com que este recurso natural passasse a ser explorado de maneira predatória, sendo um dos mais afetados (TUNDISI E TUNDISI, 2011; TUCCI, HESPANHOL E NETO, 2003).

Ter controle sobre a água é ter controle das condições de vida, nas últimas décadas várias conferências internacionais importantes foram realizadas, no qual evidenciaram a necessidade de adotar um compromisso no suprimento das necessidades básicas para a humanidade, embora todos precisemos de água, não temos o direito do uso desenfreado (SELBORNE, 2002).

O termo “água” refere-se ao elemento natural que se encontra desvinculado a qualquer tipo de utilização, já o termo “recurso hídrico” é o uso da água como um bem econômico passível de utilização com tal finalidade, nem toda água existente possui necessariamente uma viabilidade econômica. (REBOUÇAS, 2006).

De toda a água existente no planeta terra apenas 2,5% é doce, dos quais 68,9% estão localizadas nas calotas polares e geleiras, 29,9% em águas subterrâneas doces e apenas 0,3% nos rios e lagos, sendo assim, 97,5% dos recursos hídricos mundial é água salgada, encontrando-se nos mares e oceanos (TUNDISI E TUNDISI, 2011). Os quatro países mais ricos em água doce do mundo segundo as descargas médias dos rios ( $m^3/s$ ) são: Brasil (197,500), Rússia (128,857), USA (119,365) e Canadá (104,44), sendo assim 12% do total de água doce mundial se encontra no Brasil (REBOUÇAS, 2006).

A água mundial anualmente retirada dos rios, lagos e aquíferos possui seu consumo dividido em setores, sendo 70% utilizadas para irrigação de um quinto das plantações, 20% pelas indústrias e os 10% restantes destinados para o consumo nas cidades (MILLER JR, 2014).

Segundo Borsoi e Torres (1997), os efeitos negativos que as atividades antrópicas produzem sobre as águas são provenientes do lançamento de agentes poluidores gerado pelo abastecimento humano, industrial e agrícola, este último, agrava a situação com o despejo dos agroquímicos utilizados que juntamente com os outros alteram a qualidade da água.

As crescentes demandas de água já acarretam problemas em diversas partes do mundo, seu uso indiscriminado tem ocasionado à secagem total de rios, açudes, lagos e aquíferos subterrâneos, grande parte extraída para atividades humanas e utilizada de maneira inadequada (LIMA, 2005).

Sua gestão envolve a preservação das nascentes fornecedoras, uso racional, alocações hídricas igualitárias e o manejo adequado dos corpos d'água. As instituições envolvidas com a administração deste tipo de recurso atuam em diferentes esferas públicas e organizações privadas (RIBEIRO, 2014; TUCCI; HESPANHOL E NETTO, 2003).

Sendo assim, um gerenciamento integrado com otimização de usos múltiplos deve ser implantado em nível de bacias hidrográficas, descentralizando o gerenciamento e dando oportunidades para a participação de usuários do setor público e privado, abrangendo os princípios fundamentais de gerenciamento. A avaliação sistemática dos recursos hídricos de um país é de total responsabilidade nacional e deve ser assegurado em nível estadual e federal (TUNDISI E TUNDISI, 2011; BORSOI E TORRES, 1997).

A gestão dos recursos hídricos visa manter o equilíbrio do regime hidrológico e da qualidade das águas, contribuindo para sua longevidade. O uso múltiplos destes recursos, além de acordos entre países que visam promover o uso racional da água, contribuem na busca por soluções de conflitos a curto, médio e longo prazo.

### 2.1.2 Gestão de Recursos Hídricos no Brasil

Toda a água existente no Brasil é dividida em domínio federal e estadual, seguindo assim a constituição federal de 1988, sua administração se dá tanto de órgãos públicos quanto privados.

Foi criado no ano de 1997 a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (Lei 9.433) e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, esta iniciativa visou equacionar a demanda crescente de água destinadas ao crescimento urbano, agrícola, industrial, como também, o preocupante avanço na degradação do seus rios e lagos (TUNDISI E TUNDISI, 2011).

Logo após, nos anos 2000, foi então consolidada uma reforma institucional e criada através da Lei 9.984 a Agência Nacional de Águas – ANA, no qual esta entidade federal tem a finalidade de implementar PNRH e coordenar o SINGREH, destacando entre suas atribuições

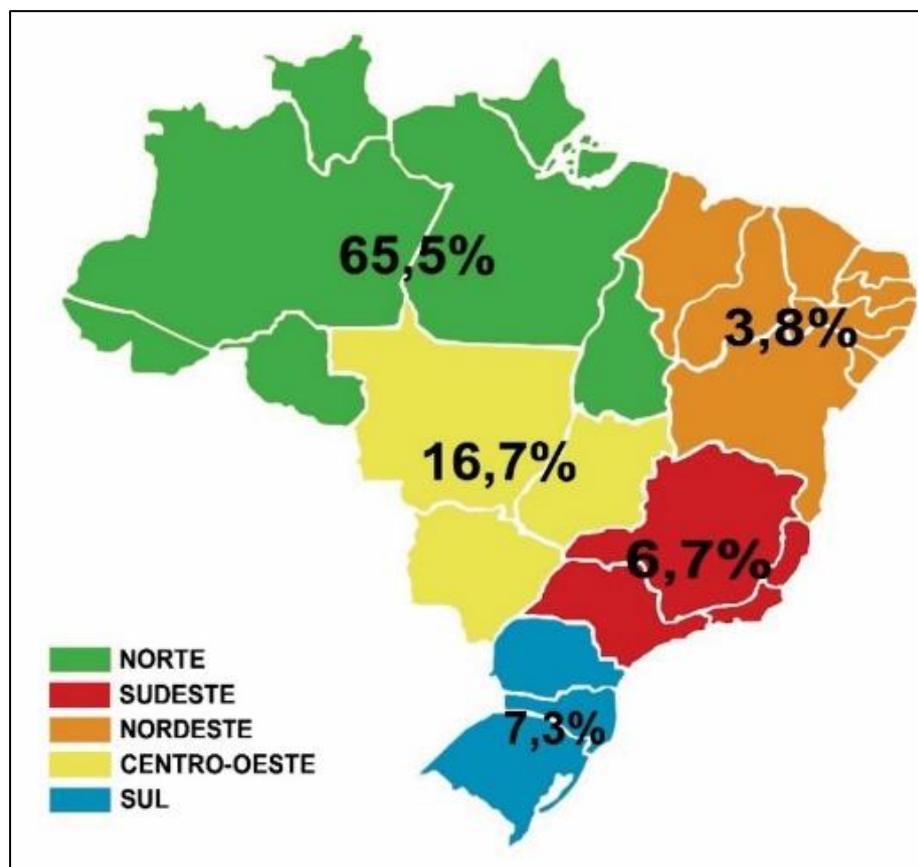
a outorga do direito de recursos hídricos em corpos de água de domínio da união e a articulação com os Comitês de Bacias Hidrográficas, cobrando pelo o uso de recursos hídricos de domínio da União (PORTO, 2002; RIBEIRO, 2014).

A Lei 9.433/97 e o Código das Águas, estabelecido pelo Decreto Federal 24.643/34 foram os marcos legais básicos referentes ao uso da água no Brasil, a demora na promulgação da lei sobre o SINGREH fez com que cerca de 17 estados adiantassem e promulgassem suas respectivas leis, entre eles, o Estado de Sergipe (TUCCI, HESPANHOL E NETTO, 2003).

O código das Águas estabeleceu a preferência do uso da água para as primeiras necessidades da vida e trouxe grandes avanços para a época, abrangendo a aplicação de penalidades e o aproveitamento das águas para navegação, permitindo uma notável expansão no sistema hidrelétrico brasileiro (LEAL, 2010; PORTO, 2002).

O patrimônio hídrico brasileiro é distribuído por localidade, a região Norte concentra a maior parte deste recurso (65%), Centro-Oeste (16,7%), Sul (7,3%), Sudeste (6,7%) e Nordeste (3,8%), onde vive em torno de 85,5% da população total do país (Figura 1).

**Figura 1:** Distribuição da água doce nas regiões do Brasil.



**Fonte:** Adaptado de Dias, Silva e Gheyl, 2012.

Para ter sucesso na gestão deste recurso é necessária uma articulação com um conjunto de ações com diferentes agentes sociais, econômico e socioculturais, visando controlar e proteger para atender a demanda de forma sustentável (FREITAS, 2005).

A sustentabilidade aparece então como um critério normativo no qual visa a reconstrução da ordem econômica, objetivando uma melhor condição para sobrevivência humana, com novos conhecimentos interdisciplinares (LEFF, 2011).

Historicamente a região Nordeste do país apresenta os maiores problemas de carência hídrica, concluindo assim que o problema do Brasil não se deve à quantidade de água existente, mas sim, ao gerenciamento e sua distribuição irregular entre as regiões.

### **2.1.3 Gestão de Recursos Hídricos em Sergipe**

Os desdobramentos decorrentes da gestão dos Recursos Hídricos e a abordagem da gestão integrada da água é um tema de grande importância para o país, especialmente no Nordeste do Brasil devido suas limitações climáticas (XAVIER E BEZERRA, 2005).

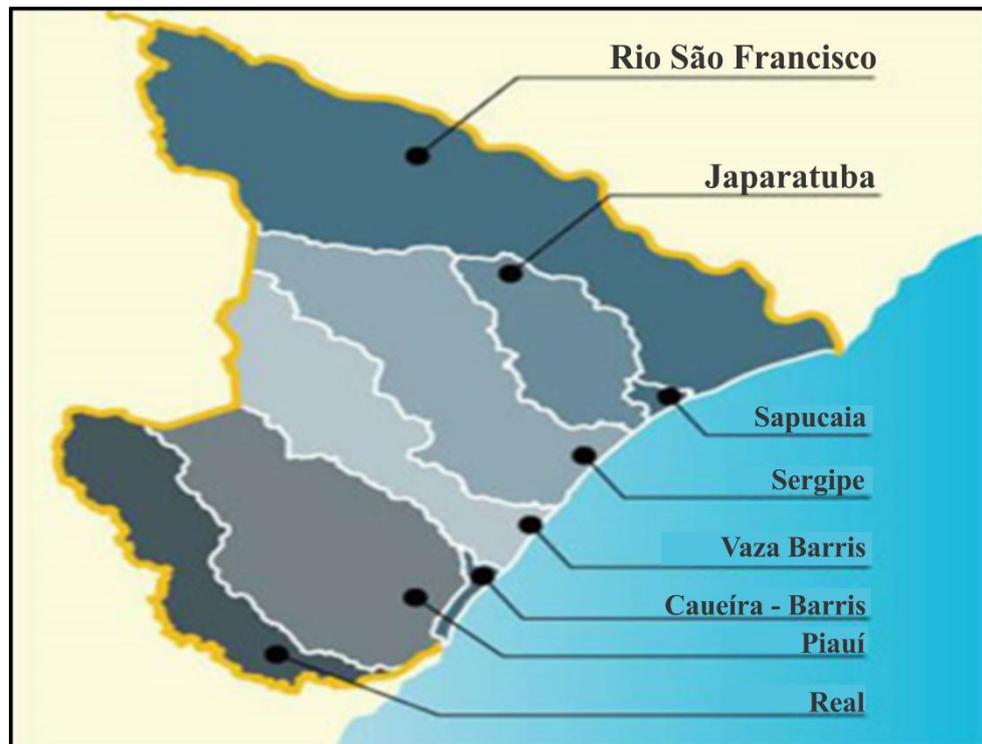
O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recurso Hídrico tem entre seus objetivos coordenar a gestão integrada das águas, arbitrando administrativamente os conflitos relacionados como os recursos hídricos, implementando a Política Nacional de Recursos Hídricos, planejando, regulando e controlando o uso, a preservação e a recuperação destes recursos, promovendo assim, a cobrança pelo uso de recursos hídricos (GUIMARÃES, 2010).

O Estado de Sergipe atualmente é constituído por 75 municípios distribuídos em 22.050,3 km<sup>2</sup> de sua área territorial, sendo considerado para efeito de gestão hídrica a existência de oito sistemas de bacias hidrográficas que drenam todo o Estado (Figura 2): São Francisco, Japarutuba, Sergipe, Vaza Barris, Piauí, Real, Grupo de Bacias Sapucaia e Grupo de Bacias Cauira-Barris. (SERGIPE, 2011).

Entre as bacias hidrográficas citadas, a do rio São Francisco e Vaza Barris que integram o conjunto de bens pertencentes à União, nos termos do artigo 20 da Constituição Federal já que banham mais de um estado da Federação, enquanto os demais constituem bacias hidrográficas estaduais (LIMA, 2005). O rio Real e Sergipe também são caracterizados como rios federais.

Grande parte dos rios que banham o estado de Sergipe possuem pequena extensão, suas nascentes se encontram em áreas de baixa precipitação, causando o caráter intermitente dos cursos alto e médio, como geralmente acontece com os rios Sergipe, Piauí e seus principais afluentes.

**Figura 2.** Bacias Hidrográficas do Estado de Sergipe



**Fonte:** Adaptado do mapa digital de Recursos Hídricos de Sergipe, 2016.

Estas bacias apresentam realidades distintas quanto aos recursos hídricos. Todas as bacias hidrográficas do Estado apresentam zonas com clima do semiárido, do agreste (área de transição) e do litoral. Essa diversidade climática acarreta diferentes condições de armazenamento de seus recursos hídricos (SILVA, 2018).

A preservação da qualidade e quantidade da água, assim como as medidas de gerenciamento e os instrumentos de gestão são importantes. Contribuem para o desenvolvimento de ações que visam contornar os problemas de escassez, sem estas ações o estado de Sergipe sofrerá consequências pela omissão no cuidado deste recurso.

## 2.2 Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos

Após a aprovação da Lei nº 9.433/97 (Política Nacional de Recursos Hídricos) em todo território brasileiro, foi aberto um leque de possibilidades para a gestão dos recursos hídricos que dispõe de cinco instrumentos (Figura 3), estes postos em prática nos sistemas estaduais e nacional de gerenciamento (SILVA E RIBEIRO, 2006). No âmbito da implementação do entendimento dos instrumentos da gestão a dificuldade está em integrá-los.

O primeiro instrumento de gestão é também chamado de Plano diretor de Recursos Hídricos e elaborado por uma bacia hidrográfica, ou um conjunto delas, sendo uma ferramenta dinâmica de trabalho das Agências, Comitês de Bacias e Conselho Nacional dos Recursos Hídricos, no qual garante ajustes na evolução do setor hídricos brasileiro. (CUNHA, 2013).

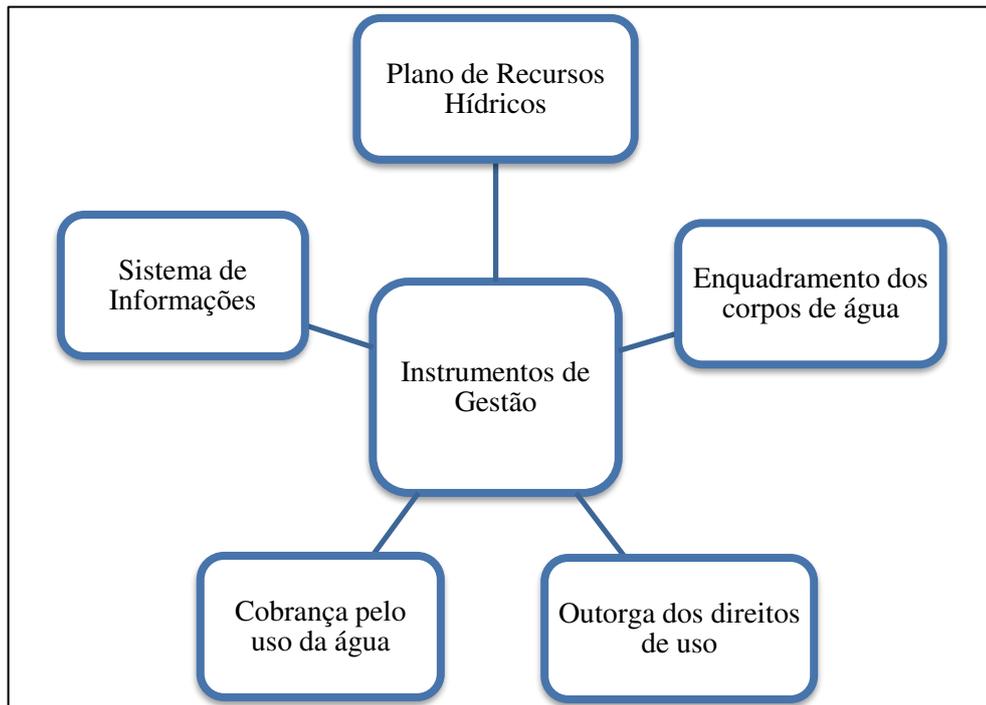
A outorga de direito do uso dos Recursos Hídricos permite que o usuário tenha o direito de captar, usar e lançar as águas servidas nos cursos d'água, este instrumento contribui com o sistema de gestão para o controle do uso racional (MACIEL, 2000).

Para possibilitar o financiamento de ações dos planos de Recursos Hídricos assim como garantir o funcionamento das agências de água, o instrumento de cobrança é essencial, no qual garante o equilíbrio entre oferta e demanda, evitando desperdícios.

Já o sistema nacional de informações, segundo o art. 25 da Lei 9.433/97, é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre os recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão, no qual permite se obter informações necessárias para a gestão e a disponibilização desses dados para os usuários (CUNHA, 2013).

E o enquadramento dos corpos de água é o único instrumento de gestão que compatibiliza a Política de Meio Ambiente com a Política de Recursos Hídricos, no qual contribuiu com a aprovação da Resolução do CONAMA nº 357, em 17 de março de 2005, complementada pela Resolução 430 de 13 de maio de 2013, no qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais no qual estabelece padrões para os lançamentos de efluentes (CUNHA, 2013).

**Figura 3.** Instrumentos de gestão e enquadramento hídrico.



**Fonte:** Adaptado de Cunha, 2013.

### 2.3 Pegada Hídrica

A demanda de água para suprir as necessidades da população segue aumentando ao longo dos anos em todo o mundo, tanto para consumo quanto para a produção de alimentos, o processo acelerado da degradação na qualidade das águas pela agricultura é atribuído fortemente ao fator erosivo das chuvas em solos expostos e pelo uso indiscriminado de agroquímicos em cultivos irrigados (COSTA et al. 2018).

O conceito de Pegada Hídrica (PH) foi proposto em 2002 por Arjen Y. Hoekstra no qual se concentra como indicador do uso direto e indireto da água por consumidor ou produtor, sendo multidimensional, mostrando os volumes de consumo de água por fontes e pelo tipo de poluição (HOEKSTRA et al. 2011).

Segundo a Aldaya, Munõz e Hoekstra (2010) a PH contabiliza o uso consuntivo da água e se apresenta como uma ferramenta de gestão eficiente de recursos hídricos pelo setor produtivo, possuindo índices que apontam os valores existentes da população em condição de extrema pobreza e o acesso desigual ao abastecimento de água.

A avaliação da demanda hídrica é uma forma de propagar informações que auxiliam na tomada de decisão por produtos com menor impacto no uso da água e do solo, sabe-se que os padrões de consumo atual da humanidade tendem a se elevar sobre os recursos naturais, reduzindo assim as ofertas desses bens (JESWANI; AZAPAGIC, 2011; ALCAMO, 2003).

Esta metodologia apresenta-se como um importante indicador de prestação de serviços ecossistêmicos em provisão, regulação e suporte hídrico às populações, sendo assim, permite soluções para contornar os efeitos da escassez hídrica (COSTA et al. 2018; GIACOMIN e OHNUMA JR, 2012).

Em conformidade com Chapagain e Tickner (2012), a PH visa fornecer informações espaços-temporais claras e precisas do uso da água para as várias atividades humanas, isto é, medidas que podem refletir as diversas variações locais na utilização, evaporação e impactos claros no uso dos recursos hídricos. Os cálculos propostos por este método contribuem para a discussão sobre o consumo, alocação sustentável e equitativa dos recursos hídricos, construindo bases para uma avaliação das dependências e dos impactos ambientais socioeconômicos locais (BONFIM, 2017).

Portanto, a PH visa oferecer uma perspectiva mais ampla sobre a forma como o consumidor ou produtor se relaciona com o uso dos sistemas de água doce, sendo uma medida volumétrica de consumo e poluição de água, onde o impacto ambiental irá depender da vulnerabilidade do sistema hídrico e do número de consumidores e poluidores que utilizam o mesmo sistema (HOEKSTRA et al. 2011).

Segundo Hoekstra et al. (2011), a PH serve como um indicador do ‘uso de água’, e difere da medida clássica de ‘captação de água’ em três aspectos:

- a) Não inclui o uso da água azul, quando essa água é devolvida para onde veio;
- b) Não está restrito ao uso da água azul, mas inclui também a água verde e cinza;
- c) Não é restrito ao uso direto da água, mas inclui também seu uso indireto.

Existem limitações no uso desta metodologia, onde de modo geral, está relacionada com a dificuldade de encontrar todos os dados necessários para contabilizar os componentes da Pegada Hídrica (BLENINGER e KOTSUKA, 2015). Devido ao cenário de escassez mundial que agrava-se ao passar dos anos, este indicador surge como uma luz, contribuindo no entendimento da utilização da água doce e suas limitações, sendo possível propor ações que garantam a longevidade deste recurso.

### 2.3.1 Importância da Pegada hídrica

Aproximadamente 20% da população mundial não possui acesso à água potável e aproximadamente 40% não tem água suficiente para uma estrutura adequada de saneamento básico e higiene, portanto, acredita-se que em 20 anos a quantidade média de água disponível por indivíduo será reduzida a um terço da atual e em 50 anos a escassez poderá afetar quase 3 bilhões de pessoas (EMPINOTTI e JACOBI, 2012).

A disponibilidade de água doce se limita devido ao aumento da demanda por água de boa qualidade e sobre os efeitos das ações antrópicas do homem ao meio ambiente, sendo assim, a pegada hídrica de cada indivíduo e nos meios de produções excedem os níveis sustentáveis deste recurso (HOEKSTRA et al. 2011).

O setor industrial é um importante ator para a modificação das relações entre os recursos hídricos e a cadeia produtiva, devido à grande discussão do uso inapropriado dos recursos hídricos e sua escassez, o conceito da PH foi aceito por diversas empresas multinacionais, promovendo novas relações as práticas de produção e consumo da natureza (EMPINOTTI e JACOBI, 2013).

Devido ao cenário de escassez já consolidado, a preservação dos recursos hídricos está em discussão nos Objetivos do Milênio para o Desenvolvimento Sustentável – ODS para o ano de 2030, no qual dispõe de dezessete objetivos (Figura 4) entre eles dois possuem ligação direta com o uso da água (SILVA, 2018).

O objetivo 6 tem como proposta garantir o acesso a água potável e saneamento básico no qual visa “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos” que dentre suas metas, este busca alcançar o acesso universal e equitativo à água potável, segura e acessível para todos e o melhoramento da qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos (MUNDO, 2016).

No que diz respeito ao uso da água marinha, o objetivo 14, discorre sobre a vida na água no qual visa a “conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável” no qual busca entre seus compromissos, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente advinda de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutrientes e proporcionar o acesso dos pescadores artesanais de pequena escala aos recursos marinhos e mercados (MUNDO, 2016).

**Figura 4.** Objetivos do Milênio para o Desenvolvimento Sustentável para o ano de 2030.



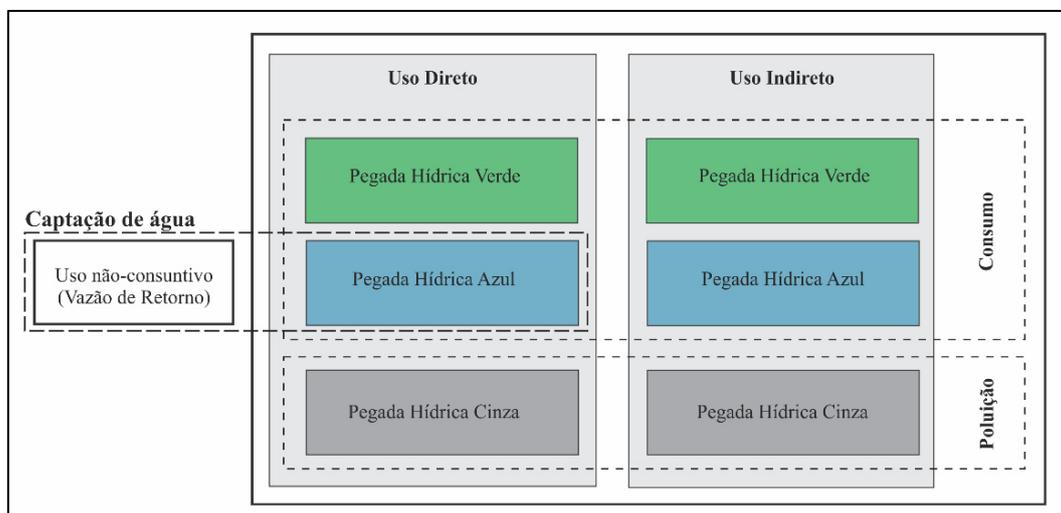
**Fonte:** Instituto Votorantim, 2017.

A utilização da Pegada Hídrica para mensurar o uso da água é importante, já que diante das informações obtidas contribuem com auxílio na elaboração de planos para a gestão eficiente destes recursos, coerentes com a política de cada região, reduzindo conflitos já existentes pelo uso múltiplo da água.

### 2.3.2 Componentes da Pegada hídrica

A pegada hídrica possui três componentes sendo eles: água verde, água azul e água cinza para o uso direto e indireto de água (Figura 5).

**Figura 5.** Componentes da Pegada Hídrica



**Fonte:** Hoekstra et al., 2011.

### **2.3.3 Pegada Hídrica verde – PHverde**

A pegada hídrica verde (PHverde) refere-se ao consumo de água devido a precipitação pluvial que não é escoada ou não repõe a água subterrânea, sendo armazenada no solo ou na zona radicular da vegetação, ou seja, a água consumida no processo de evapotranspiração das culturas. Eventualmente parte da precipitação evapora ou transpira por meio das plantas, então, a água verde pode ser produtiva para o crescimento e desenvolvimento das culturas, podendo ser absorvida pelas plantas. O consumo de água verde na agricultura pode ser estimado utilizando modelos de estimativa de evapotranspiração com base nos dados de entrada, levando em consideração as características da cultura, do solo e do clima (HOEKSTRA et al. 2011).

Este componente estima o volume total de água da chuva consumida durante o processo de produção, a água da chuva evapotranspirada (dos campos e plantações) mais a água incorporada nos produtos agrícolas e florestais colhidos (HOEKSTRA et al.,2011).

### **2.3.4 Pegada Hídrica azul – PHazul**

A pegada hídrica azul (PHazul) de um produto refere-se ao consumo de água azul (superficial e subterrânea) ao longo de sua cadeia produtiva, a perda de água disponível em uma bacia hidrográfica; a perda ocorre quando a água evapora, retorna a outra bacia ou ao mar ou é incorporada em um produto (HOEKSTRA et al. 2011).

O termo “uso consuntivo” diz respeito a um dos quatro casos a seguir:

1. Água que evapora;
2. Água incorporada ao produto;
3. Água que não retorna a mesma bacia hidrográfica ou vai para o oceano;
4. Água que não retorna no mesmo período; por exemplo, é retirada em um período de seca e retorna em um período de chuvas.

A evaporação da água é considerada geralmente o mais significativo, muitas vezes a água consumida é comparada a evaporação, porém os outros três casos citados anteriormente, quando relevantes também devem ser inclusos (RIBEIRO, 2014). Segundo Hoekstra (2011) toda evaporação estando relacionada a uma produção específica precisa ser levada em consideração,

isto inclui a água evaporada durante o armazenamento (reservatórios de água), transportes (canais abertos), processamento, coleta e distribuição.

Ao avaliar este componente da PHazul de um processo, é necessário distinguir as diferentes fontes de água, sendo que a divisão mais importante está entre a água superficial, subterrânea renovável e subterrânea fóssil, porém na prática esta distinção não é feita com frequência devido à falta de dados disponíveis (HOEKSTRA et al. 2011).

Por fim, a PHazul na produção industrial e abastecimento doméstico de água é o volume de água extraído das fontes de água doce. Na agricultura ela também inclui a evaporação da água de irrigação dos campos (FRAITURE et al. 2010; HOEKSTRA et al. 2009).

### **2.3.5 Pegada Hídrica cinza - PHcinza**

O conceito definido por Hoekstra et al. (2011) para a (PHcinza) refere-se à poluição e é definida como o volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes a partir de concentrações naturais e de padrões de qualidade da água existentes.

Os cálculos da PHcinza são realizados utilizando os padrões ambientais de qualidade da água que compõe o corpo receptor de acordo com as normas referentes as concentrações máximas permitidas, sendo assim, a PHcinza maior que zero não significa que os padrões ambientais de qualidade foram violados, mostra que a capacidade de assimilação da água foi consumida (HOEKSTRA et al, 2011).

O tratamento das águas residuais poderá zerar a PHcinza, quando as concentrações de poluentes nos efluentes forem iguais ou menores do que as concentrações existentes na água que foi captada (HOEKSTRA ET AL, 2011).

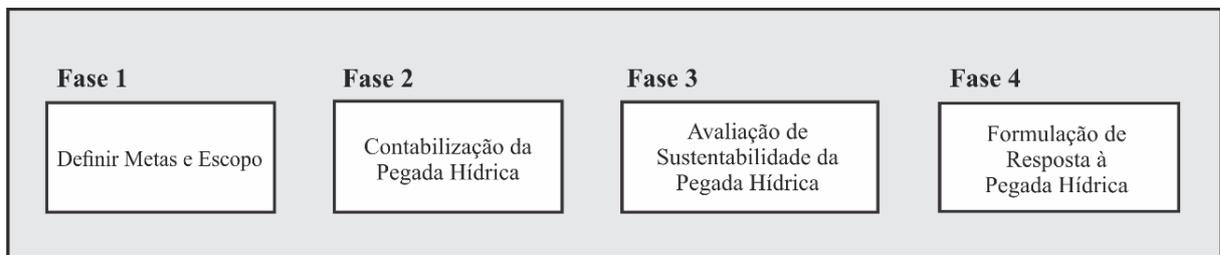
Sendo assim, a PHcinza tem como objetivo, indicar o nível de poluição na cadeia de produtos ou de processos, sendo definida como a água necessária para diluir/depurar o poluente, a exemplo da região da Amazônia no qual o manejo de fertilizantes e defensivos agrícolas podem comprometer a qualidade hídrica em áreas de produção (COSTA et al. 2018). Portanto, as parcelas que escoam, infiltram e retornam do que foi precipitado e extraído dos corpos hídricos, carregam poluentes originados pela aplicação de insumos no cultivo agrícola (fertilizantes, pesticidas e etc.) degradando a qualidade da água, constituem assim, a água cinza (HOEKSTRA et al. 2011).

Nem toda água cinza é derivada da água azul, no caso da agricultura, esta é dependente das águas pluviais, sendo que a PHcinza é devida a lixiviação causada pelas chuvas, destacando uma boa gestão de irrigação para reduzir o tamanho da PHcinza (CHAPAGAIN E TICKNER, 2012).

### 2.3.6 Avaliação da Pegada Hídrica

A forma como é feita a avaliação deste indicador depende fortemente do foco de interesse, pode consistir na pegada de apenas uma etapa do processo pertencente à cadeia de abastecimento, pode também consistir somente na pegada do produto final, então trata-se de uma ferramenta analítica que ajuda a perceber como as atividades e os produtos se encontram relacionados com a escassez e poluição da água, garantindo a sustentabilidade no uso da água doce (GRAÇA, 2011). Ainda segundo Hoekstra et al. (2011) esta avaliação é uma ferramenta que fornece uma visão adicional, mas não diz as pessoas “o que fazer”, ao invés disso ela ajuda a população no entendimento do que pode ser feito, sendo completa e composta por quatro fases distintas, como apresentado na Figura 6.

**Figura 6.** Fases de avaliação da Pegada Hídrica.



**Fonte:** Hoekstra et al. 2011.

Na primeira fase é definido o foco de interesse que se pretende realizar cálculos com base em estimativas nacionais ou globais, formulando estratégias para a redução da PH. Na fase de contabilização da PH é feita a coleta dos dados realizados, após isto, faz-se uma avaliação da sustentabilidade numa perspectiva socioambiental e econômica e por fim são formuladas respostas, estratégias e políticas para os tomadores de decisão (BONFIM, 2017).

A contabilização da PH é uma ferramenta muito útil no processo de sensibilização e de comunicação no contexto dos recursos hídricos, sendo a PH relevante no auxílio a compreensão do uso da água por diversos setores, identificando pontos para melhorias na gestão

(CHAPAGAIN E TICKNER, 2012; TADEU E SINISGALLI, 2012). De acordo com Jacobi (2012), esta nova abordagem reflete mudanças em estratégias no manejo da água, enfatizando uma produção baseada na valoração, sendo um importante instrumento em termos de governança.

### 2.3.7 Tipo de Pegada Hídrica Mundial e Nacional

A aplicação deste conceito pode ser empregada em diversas finalidades: uma etapa do processo, um produto, um consumidor, um grupo de consumidores, uma área delimitada geograficamente, um negócio, um setor de negócios e a humanidade com todos seus processos (HOEKSTRA et al., 2011). Os tipos de Pegada Hídrica estão listados a seguir, no Quadro 1.

**Quadro 1.** Tipos de Pegada Hídrica

TIPOS DE PEGADA HÍDRICA	DEFINIÇÃO
Produto	Soma das PH das etapas do processo de produção do produto.
Consumidor	Soma das PH de todos os produtos consumidos pelo consumidor.
Comunidade	Soma das PH individuais dos membros da comunidade.
Empresa	Soma das PH dos produtos finais que a empresa produz.
Área geograficamente delimitada (município, província, estado, nação, bacia hidrográfica)	Soma das PH de todos os processos que ocorrem na área.

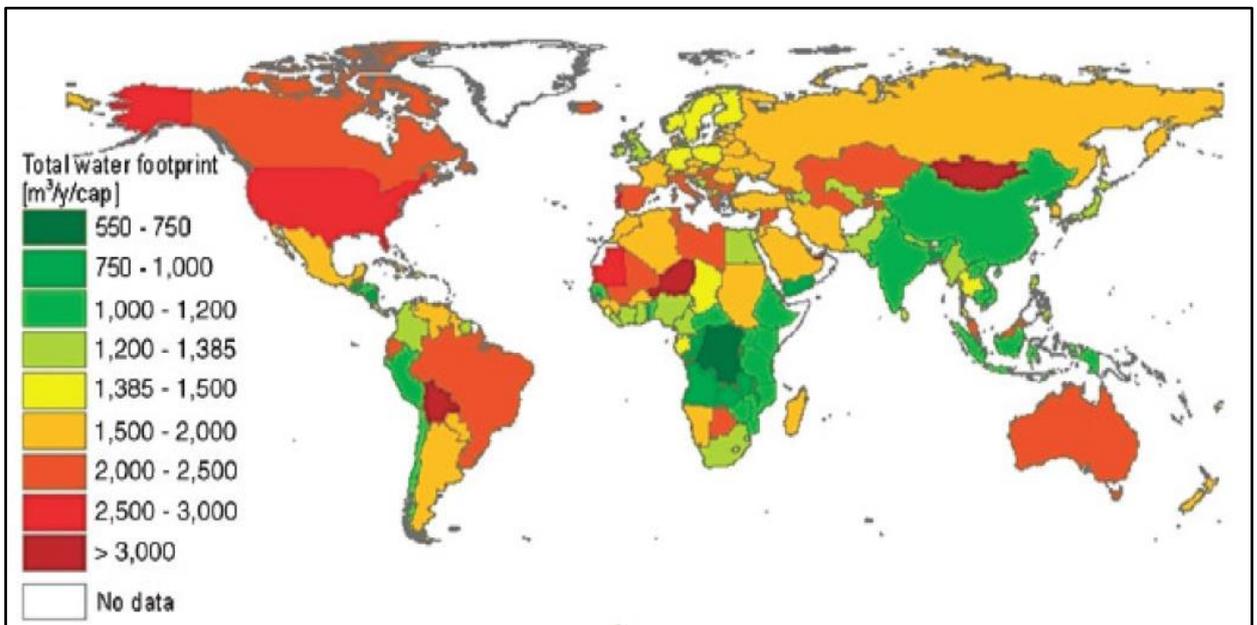
**Fonte:** Adaptado de Hoekstra et al. 2011.

De acordo com Chapagain e Hoekstra (2004), os fatores diretos que determinam a PH de um país são os volumes de água relacionados com o rendimento nacional bruto, padrões de consumo ou alto e baixo de um determinado produto, o clima e as práticas agrícolas relacionadas à eficiência do uso da água e o tipo de cultivo.

A pegada hídrica per capita de diferentes países está ilustrada na Figura 7, no qual possibilita uma visão global da sua distribuição no mundo. Os países com coloração vermelha

registram uma PH superior à média global, já os países em verde possuem uma PH inferior a média.

**Figura 7:** Pegada Hídrica per capita em diversos países ( $m^3$ / ano) entre 1996 e 2005.



**Fonte:** Chapagain e Hoekstra, 2004.

Ressaltando que os cálculos das PH nacionais apontam que futuras políticas devem resultar uma abordagem mais abrangente, contabilizando dentro deste processo não somente a retirada das águas superficiais e subterrâneas, mas também, a evaporação da água azul e verde e a poluição das águas doces (CHAPAGAIN e TICKNER, 2012).

### **2.3.8 Pegada Hídrica: indicador de sustentabilidade no uso da água para a agricultura.**

A PH é um indicador novo, útil e que mostra quando, onde e como os consumidores, produtores, processos e produtos individuais demandam de água, sendo importante já que possui uma ampla abrangência da temática e envolve a alocação e o uso sustentável, justo e eficiente dos recursos naturais (RIBEIRO, 2014).

Esta é utilizada como indicador de sustentabilidade podendo monitorar o impacto humano sobre o meio ambiente. Portanto, se faz necessário uma interpretação conjunta com outros indicadores para avaliar os impactos ambientais de produção e consumo, fornecendo respostas específicas da pressão humana sobre o meio ambiente (SILVA et al. 2013).

Segundo Selborne (2002), não há outra solução para o nosso futuro senão continuar a cultivar o planeta, no entanto a agricultura é apontada como o maior consumidor de água doce, nesse sentido, seu aperfeiçoamento visando a eficiência do uso da água na irrigação é necessário e fundamental. A agricultura sustentável antes de tudo vem da crescente insatisfação de como a agricultura moderna é gerida, o desejo social por sistemas mais produtivos que conservem simultaneamente os recursos naturais, fornecendo produtos mais saudáveis, essa ideia é resultante de uma agricultura que não prejudique o meio ambiente e a saúde (VEIGA, 2003).

Neste contexto, Monteiro et al (2009) relatam a preocupação com o aumento da população mundial, a degradação dos recursos naturais e como a agricultura tem buscado um rumo mais sustentável, exigindo esforços no desenvolvimento de estratégias e práticas adequadas de uso do solo a partir do entendimento das relações entre a agricultura e o clima.

Segundo Bernardo (2010), ao manejar de forma racional qualquer projeto de irrigação deve-se considerar os aspectos sociais e ecológicos da região, procurando maximizar a produtividade e a eficiência do uso da água, minimizando os custos com projetos de irrigação sustentáveis.

Pensando num melhor uso dos recursos hídricos, Hoekstra et al., (2011) definem algumas possíveis metas para a redução da PH na agricultura, sendo necessários métodos para uma produção sustentável baseada a partir de um planejamento ambiental.

As opções de redução da PH para agricultores apontados por Hoekstra et al., (2011) são:

- a) Para reduzir a PHverde da cultura é necessário aumentar a produtividade da terra (produção,  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) na agricultura de sequeiro através do aperfeiçoamento das práticas agrícolas; como a chuva na terra permanece a mesma, a produtividade da água ( $\text{ton}\cdot\text{m}^{-3}$ ) vai aumentar e a PHverde ( $\text{m}^3\cdot\text{ton}^{-1}$ ) vai diminuir o uso de cobertura morta do solo, diminuindo assim, a evaporação da superfície do solo.
- b) Para reduzir a PHazul da cultura é necessário optar por uma técnica de irrigação que proporcione menor perda por evaporação, escolher uma cultura ou variedade que melhor se adapte ao clima da região, diminuindo a demanda de água para irrigação, aumentando a produtividade da água azul ( $\text{ton}\cdot\text{m}^{-3}$ ) ao invés de maximizar a produtividade da terra (produção,  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), melhorando o cronograma de irrigação, otimizando a frequência e a lâmina das aplicações, e por fim diminuindo a irrigação deficitária ou suplementar.

- c) Para reduzir a PHcinza da cultura é necessário diminuir ou eliminar a aplicação de produtos químicos (fertilizantes e pesticidas artificiais) optando pela agricultura orgânica, aplicando o fertilizante ou composto de modo que facilite a absorção pelas plantas, reduzindo o risco de lixiviação e de escoamento e por fim otimizando a forma de cronograma de aplicação de produtos químicos seu volume, sua lixiviação ou escoamento.

Os autores citados no parágrafo anterior, ainda abordam alguns elementos considerados chaves para uma estratégia governamental voltada à redução da PH:

- Aumentar a conscientização sobre a questão da água entre os consumidores e produtores;
- Promover o uso de tecnologias que visam à economia de água em todos os setores da economia;
- Reestruturar os mecanismos de cobrança pelo uso da água de modo que o custo real da água se torne parte do custo dos produtos finais;
- Promover a transparência do produto ao longo das cadeias de fornecimento;
- Reestruturar as economias baseadas no suprimento insustentável de água.

### **2.3.9 Pegada Hídrica no Nordeste**

A PH é um indicador ambiental que tem como finalidade avaliar as necessidades diretas e indiretas do uso da água no estilo de vida de cada cidadão, região, nação, produto e processos de uma empresa (FILHO et al. 2019).

A limitação hídrica na região Nordeste do Brasil – NEB, a exemplo do semiárido, é um sério problema devido à sua baixa disponibilidade de água, agravado por longos períodos de estiagens, onde sua concentração hídrica corresponde a apenas 3,3% do país (MARENGO et al., 2009). Esta região pode ser caracterizada pela insuficiência e irregularidade espacial e temporal na distribuição de chuvas, temperaturas elevadas e altas taxas de evaporação que refletem predominantemente na paisagem (FILHO et al. 2019).

A produção científica da PH na região NEB, vem sendo desenvolvida nas diversas áreas que necessitam do uso dos recursos hídricos, gerando discussões acerca desta temática, contribuindo na busca de soluções para uma gestão mais eficiente que vise contornar a problemática da escassez de água.

O trabalho desenvolvido por Silva et al. (2013) da Universidade Federal de Campina Grande contribui para a divulgação da PH como uma medida de sustentabilidade no qual conclui-se que como indicador de sustentabilidade, esta metodologia é capaz de monitorar o impacto humano sobre o meio ambiente, possuindo uma vasta gama de aplicações (agricultura, empresas e etc) podendo ser empregada em diferentes escalas.

Também destacamos os trabalhos desenvolvidos por Clemente (2018), que avaliou a PH do Cariri Ocidental com base na renda, gênero e consumo de uma população, correlacionando com a climatologia e hidrografia local, constatando entre seus resultados que o consumo de água excede a capacidade de suporte da microrregião, precisando de ações de respostas para amenizar a exploração deste recurso na localidade.

Já na agricultura no estado de Alagoas, o estudo desenvolvido por Santiago et al. (2018) quantificou os volumes de água consumidos na produção de colmos e etanol da cana-de-açúcar em dois sistemas de cultivos (com e sem irrigação) tendo como área de pesquisa uma Usina de cana-de açúcar, nesta pesquisa os resultados obtidos evidenciaram que o sistema de gotejamento subsuperficial utilizou o maior volume de água azul, porém apresentou as menores PH para a produção de colmos e etanol conseqüentemente apresentando menores riscos ambientais.

Para o Estado de Sergipe, já existem alguns estudos da PH no desenvolvimento de culturas, entre eles, o trabalho de Matos (2015) com a estimativa dos componentes azul e verde na cultura da batata doce na região agreste, no qual concluiu que é possível relacionar o índice médio de produtividade da cultura com um maior consumo de água, o qual se reflete em uma maior PH, sendo que, devido a ótima distribuição espacial e temporal da precipitação ao longo da pesquisa resultou em maior relevância para a componente verde.

Já na PH total da cultura da pimenta malagueta na região agreste do estado de Sergipe realizado por Silva (2018), demonstrou que, a PHazul esteve diretamente relacionada com o aumento da produtividade desta cultura e que os valores da PHverde e PHcinza foram inversamente proporcionais aos valores da produtividade. Na mesma região, Bonfim (2017) desenvolveu pesquisa para a cultura do coentro, objetivando estudar os aspectos da PH e o desempenho dos indicadores econômicos.

Portanto, as experiências da PH aqui apresentadas na região Nordeste juntamente com seu déficit hídrico, deixa claro o crescimento do uso desta metodologia em pesquisas de

diferentes universidades e institutos, contribuindo para a elaboração de ações que busque uma agricultura mais sustentável.

## 2.4 Cultivo do Arroz

### 2.4.1 Cultivo do Arroz no Mundo

O cultivo do arroz teve início há mais de 6.500 anos, desenvolvendo-se paralelamente em vários países, os principais mercados importadores estão localizados no Extremo Oriente, África e Oriente Médio e os principais exportadores (Tabela 1) são Tailândia, Vietnã, Estados Unidos e Paquistão, que comercializam quase 70% do volume total do comércio mundial, o principal importador é a Indonésia (FERREIRA, 2005).

**Tabela 1:** Comércio mundial de arroz no ano de 2003 em toneladas.

Exportadores				Importadores			
Mundo	27,9	Índia	3,8	Indonésia	3,3	Bangladesh	1,2
Tailândia	7,5	Estados Unidos	3,7	Nigéria	1,5	Filipinas	1,1
Vietnã	3,9	China	2,7	Brasil	1,2	C. Marfim	1,1

**Fonte:** FAO (2004).

O arroz é uma das principais culturas que alimentam a população mundial, possuindo uma extrema importância na África e no sul da Ásia, tendo como resultado grandes projetos de irrigação que são construídos para atender a demanda de água na produção de arroz (ALDAYA et al. 2010).

Na Coreia, os recursos hídricos na produção agrícola foram fortemente utilizados a partir dos anos 70 até alcançar uma estabilidade e sustentabilidade na produção de arroz, sendo que a demanda de água na produção de arroz foi de 34,5% (12,90 Gm<sup>3</sup> / ano) do total da disponibilidade hídrica doce do país (37,35 Gm<sup>3</sup> / ano), a maior parte do uso de água é concentrada na produção de arroz (YOO et al. 2014).

A economia da Índia depende em grande parte da agricultura, sendo este país o segundo maior produtor de arroz do mundo com uma média global de 22%. Devido à grande demanda deste cereal é necessário conhecer a respeito dos recursos hídricos disponíveis e das necessidades de água em cada região, fazendo o planejamento de uso dos recursos hídricos disponíveis no país e mantendo a produção diante do aumento de demanda por alimentos, garantindo a segurança alimentar (MOM, 2007; GHEEWALA et al. 2014).

### 2.4.2 Cultivo do Arroz no Brasil

No Brasil dois tipos de produção são considerados, o de várzeas no qual a cultura é irrigada por inundação controlada, e o de terras altas que engloba o cultivo com irrigação suplementar, por aspersão e sequeiro (MONTEIRO et al. 2009).

Na região subtropical do país é encontrado o cultivo do arroz através do sistema de inundação, sendo os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina responsáveis por 65% de toda produção brasileira, já na região tropical a produção se destaca nos estados de Tocantins, Mato Grosso do Sul, norte de Goiás e Roraima (IBGE, 2006). Sendo produzidos aproximadamente 1,8% do total de arroz em nível mundial e aproximadamente 52% na América do Sul (AZAMBUJA et al. 2004).

O Brasil tem se destacado na produção mundial de arroz como o principal produtor entre os países ocidentais, essa produção apresenta uma grande tendência de crescimento devido o constante incremento de produtividade, o país vem ao longo dos anos, conseguido suprir sua demanda interna sem necessidade de grandes volumes de importação (BARATA, 2005).

A área cultivada com arroz irrigado no Brasil atinge aproximadamente 1,3 milhões de hectares por ano, possuindo uma produtividade média de 5200 ha com uma produção de 7,5 milhões de tonelada do arroz com casca (ANDRADE, 2016).

Segundo a FAO (2015), para atender a demanda de alimentos devido ao crescimento populacional mundial, o cultivo de arroz deve ser aumentado nos próximos 25 anos para que não ocorra a falta deste cereal, afetando nutricionalmente a população já que se configura como um alimento básico nas principais refeições, além de causar um transtorno cultural para diversos povos.

A cultura do arroz irrigado na região Nordeste do Brasil é promissora devido ao grande mercado consumidor e suas condições climáticas favoráveis para o seu desenvolvimento adequado. O clima predominante quente possibilita até duas safras anuais, devido essas condições climáticas, no semiárido as doenças fúngicas não encontram condições favoráveis para o seu desenvolvimento (BRESEGHELLO et al., 1999).

### 2.4.3 Cultivo do Arroz em Sergipe

O arroz possui uma grande importância na geração de emprego de mão-de-obra familiar, principalmente na região do baixo São Francisco. Apesar desta cultura sofrer com períodos desfavoráveis em termos de preço e disponibilidade hídrica, com os avanços tecnológicos é possível utilizar sistemas de irrigação artificial, aumentando a produtividade média na região (BARROS et al., 1995; FONSECA et al., 1988).

O Estado de Sergipe possui projetos de irrigação realizados através de ações governamentais que são referências no Estado, apesar da atual fragilidade, são pontos de referências (ANDRADE, 2016). Os produtores dos projetos Propriá, Cotinguiba/Pinboda e Betume produziram juntos mais de 20 mil toneladas de arroz, representando praticamente 80% de toda a produção desse grão no ano de 2012 no Estado.

Sergipe foi o estado com o maior rendimento médio (kg/ha) no cultivo do arroz, em 2016, com 33.058 toneladas e valor da produção de R\$ 26.299.000,00, sendo o 2º maior produtor de arroz do Nordeste e o primeiro em rendimento médio no Brasil.

Ilha das Flores ocupou a sexta posição no *ranking* nacional em rendimento médio, no qual se concentra totalmente no Território baixo São Francisco Sergipano, notadamente nos municípios de Ilha das Flores (11.267 ton), Neópolis (6.249 ton), Propriá (6.233 ton) e Brejo Grande (5.350 ton). Esses quatro municípios responderam por 88,02% de toda produção estadual. A produção do arroz sofreu queda brusca em 2011, tendo se recuperado a partir do apoio de políticas governamentais (SERGIPE, 2018).

### 2.4.5 Caracterização, qualidade, consumo e comercialização do Arroz

O arroz pertence à família vegetal das Poaceae, gênero *Oryza* no qual é composta por 22 espécies, dentre tais espécies, destaca-se a *Oryza sativa* L., a mais cultivada, possuindo duas subespécies, indica e japônica. É uma planta de dias curtos que se adapta a diversas condições climáticas (VAUGHAN et al. 2003; MONTEIRO et al. 2009).

O ciclo de vida do arroz possui três fases distintas: vegetativa, reprodutiva e maturação dos grãos. A fase vegetativa, que corresponde ao intervalo entre a germinação e a diferenciação da panícula é a principal responsável pela duração do ciclo total da cultura, sendo afetada,

basicamente, pela temperatura do ar e pelo comprimento do dia (fotoperíodo) (VERGARA e CHANG, 1985).

As diferenças na duração do crescimento (ciclos curto, médio e longo) devem-se, basicamente, às diferenças na fase vegetativa, pode-se considerar como ciclos curto, médio e longo, cultivares com até 120, 135 e acima de 135 dias (EMBRAPA, 1977).

Os cultivos em terras altas possuem ciclos curtos e médios no qual apresenta pouca ou nenhuma sensibilidade ao fotoperíodo, já no sistema de cultivo irrigado tropical prevalece os ciclos médio e no subtropical, os ciclos curto, médio e longo (MONTEIRO et al. 2009).

Segundo Castro et al. (1999) o arroz possui alguns padrões preestabelecidos como podemos observar no Quadro 2 abaixo:

**Quadro 2:** Qualidade, consumo e comercialização do Arroz no Brasil.

<b>Qualidade</b>	<p>A qualidade do grão de arroz reflete diretamente no seu valor de mercado e na aceitação do consumidor, a definição de qualidade é complexa varia de localidade devido as tradições e costumes regionais, do ponto de vista do consumidor brasileiro tem preferência por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bom rendimento de panela;</li> <li>• Cozimento rápido;</li> <li>• Grãos secos e soltos após o cozimento.</li> </ul>
<b>Consumo</b>	<p>No Brasil, as formas de preparo e consumo do arroz são razoavelmente homogêneas nas diferentes regiões e a preferência da maioria dos consumidores é pelo arroz beneficiado polido, aparecendo também em menor escala o arroz integral e o arroz parboilizado, este último com uma representatividade de apenas 5% do total comercializado. De maneira geral, a qualidade de um alimento é considerada sob quatro pontos de vista:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutricional;</li> <li>• Consumo direto;</li> <li>• Comercialização;</li> <li>• Adaptação ao processamento industrial.</li> </ul>

<b>Comercialização</b>	<p>Para a comercialização a aparência do grão se encontra como o indicador principal e facilitador do seu comércio, o Ministério da Agricultura estabeleceu normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz no qual esses padrões proporcionam um sistema de comercialização por classes e tipos levando em consideração os fatores de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualidade associados à limpeza;</li> <li>• Uniformidade;</li> <li>• Condições sanitárias;</li> <li>• Pureza do produto.</li> </ul>
------------------------	--

**Fonte:** Castro et al. (1999).

## 2.5 Agricultura e o Uso de Agroquímicos

Desde os tempos coloniais o Brasil vem buscando por produtividade e terras férteis, os *commodities* destinados à exportação vem influenciando as relações econômicas, sociais e ambientais e a demanda pela expansão da agricultura propicia novas configurações (CARDOSO et al. 2017).

No ano de 2006 a agricultura familiar compreendia cerca de 4,3 milhões de unidades produtivas (84% do total) e 14 milhões de pessoas sobreviviam desta ocupação no qual representava em torno de 74% das ocupações no campo e 80,3 milhões de hectares (25% da área total), contribuindo expressivamente com a produção de alimentos que são essenciais na dieta básica brasileira (IBGE, 2006).

No Brasil este tipo de agricultura é extremamente diversificada e inclui desde famílias que cultivam em condições de extrema pobreza até produtores inseridos no moderno agronegócio e que logram gerar renda várias vezes superior à que define a linha de pobreza (FILHO e BATALHA, 2009).

Sendo está atividade de grande importância entre as famílias brasileiras, tanto de baixa quanto de alta renda, produz cerca de 60% dos alimentos que são consumidos e sua gestão é concentrada nas tomadas de decisões de forma empírica que acabam levando a erros, desde a escolha do cultivo, quantidade de terra e capital investido (REIS et al. 2017). Seu desempenho

é determinado diante de um conjunto de variáveis, sejam elas decorrentes de políticas públicas ou de especificidades locais ou regionais (FILHO e BATALHA, 2009).

O Brasil é referência na América Latina no apoio à agricultura familiar, mas ainda precisa aprender muito com a relação do Estado e organizações privadas, como o agronegócio, sendo que um dos maiores desafios enfrentados hoje é como fazer para que o conhecimento formal e não formal chegue de modo ágil ao pequeno produtor (DIAS e DIAS, 2018). Segundo Reis et al. (2017) este setor representa um quarto de área agrícola do Brasil, sendo responsável por uma série de alimentos, entre eles, mandioca (87%), milho (46%), feijão (70%), arroz (34%), café (38%), soja (16%) e trigo (21%).

Devido ao crescimento na demanda por alimentos, a modernização da agricultura levou ao uso intensivo de defensores agrícolas comumente chamados de agrotóxicos, em 1970 era utilizado cerca de 27.728,8 toneladas no Brasil, onde houve um crescimento para 80.968,5 toneladas em apenas dez anos no qual esse fenômeno foi atribuído a expansão agrícola no cultivo da cana-de-açúcar e soja (GOELLNER, 1993).

O Brasil desde o ano de 2009 é líder no consumo mundial de agroquímicos e responde sozinho por 1/5 de todo o agrotóxico produzido globalmente, o consumo médio era em torno de 7 quilos por hectare em 2005 e saltou para 10,1 quilos por hectare em 2011, tendo um expressivo aumento de 43,2%. Este alto consumo vem levando o que poderia ser chamada de epidemia silenciosa e violenta envolvendo os trabalhadores rurais, a população urbana, sobretudo aquela que habita áreas próximas às grandes produções agrícolas (BOMBARDI, 2012).

A utilização desses defensores agrícolas tem trazido uma série de consequências, tanto para o meio ambiente quanto para a saúde do trabalhador rural, e essas consequências estão relacionadas a alta toxicidade destes produtos e a precariedade dos mecanismos de vigilância em vigência (PERES et al., 2005).

Entre o ano de 1997 a 2000 houve um aumento médio de 18% nas vendas de agroquímicos, destacando entre eles os herbicidas no qual as vendas cresceram 31% (FARIA et al. 2004). Os pesticidas agrícolas foram responsáveis por 7% das intoxicações e 37% dos óbitos decorrentes dessas intoxicações, a exposição humana aos agroquímicos é um grave problema de saúde pública global, principalmente em países em desenvolvimento (RECENA E CALDAS, 2008).

Segundo Agostinnetto et al. (1998), a aplicação destes produtos exige o uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), regulamentado na norma Regulamentadora rural n.4, aprovada pela portaria n. 3.067 de 12 de abril de 1998 pelo Ministério do Trabalho, definido como equipamento individual destinado a proteger a integridade física do trabalhador. O manuseio inadequado destes produtos pode acarretar o fluxo livre de agentes químicos no meio ambiente, ocasionando em impactos antrópicos como a degradação ambiental e danos à saúde humana.

Historicamente, o Sudeste liderava (38,9%) o uso no ano 1998, seguido do Sul (31,2%), Centro-Oeste (22,8%), Nordeste (5,8%), tendo seu uso concentrado nas áreas de agricultura irrigada, Norte (1,3%). Destacam-se quanto à utilização de agroquímicos os Estados de São Paulo (25,2%), Paraná (16,2%), Minas Gerais (12,1%), Rio Grande do Sul (12,0%), Mato Grosso (9,4%), Goiás (7,6%) e Mato Grosso do Sul (5,5%) (SPADOTTO et al., 2004).

Campanhola e Bettiol (2002), destacam que esses produtos fazem parte de um conjunto de tecnologias associadas ao processo de modernização da agricultura que objetivou aumentar a produtividade para atender aos desafios da crescente demanda mundial de alimento, porém com o uso generalizado nas mais diferentes condições ambientais foi diagnosticado ocorrências de resíduos em alimentos, contaminação de solos e águas, efeitos em organismos não visados e intoxicação de trabalhadores rurais.

O baixo nível de educação ambiental da nossa população quando aliado as dificuldades encontradas pelas instituições públicas para a fiscalização e controle desses produtos, assim como, a difícil implementação de ações para orientação dos usuários e comerciantes, permite dizer que ainda resta muito a ser feito para reduzir os danos provocados pelo uso excessivo dos agroquímicos nas culturas (CAMPANHOLA E BETTIOL, 2003).

## **2.6 Evapotranspiração de Referência (ET<sub>o</sub>) e a Evapotranspiração de Cultura (ET<sub>c</sub>)**

O termo evaporação é usado para designar a transferência de água para a atmosfera, sobre a forma de vapor, decorrente tanto da evaporação que é encontrada no solo úmido sem vegetação, como também nos oceanos, lagos, rios e em outras superfícies hídricas naturais (VAREJÃO SILVA, 2006). O principal fator responsável pela evaporação da água de uma superfície é a radiação solar seguido da temperatura, vento e quantidade de vapor d'água presente na atmosfera (BISCARO, 2007).

Já o termo evapotranspiração é definido como a ocorrência simultânea dos processos de evaporação da água no solo e da transpiração das plantas, sendo controlada pelo balanço de energia, demanda atmosférica e o suprimento de água do solo para as plantas (PEREIRA et al., 1997). Allen et al. (1998) define o conceito de evapotranspiração de referência como o que “foi introduzido para estudar a demanda de evapotranspiração da atmosfera, independentemente do tipo e desenvolvimento do cultivo e das práticas de manejo”.

Em razão do uso intenso da evapotranspiração de referência nos estudos de relações hídricas no sistema solo-planta-atmosfera, existem muitos métodos empíricos com base em dados meteorológicos criados para estimá-la, como uma forma de simplificar a estimativa (FILHO et al., 2011).

A evapotranspiração da cultura se refere à evapotranspiração de qualquer cultivo desde que se encontre isento de enfermidades, com boa fertilização e que se desenvolve em parcelas amplas, sob ótimas condições de solo e água, alcançando assim, uma boa produção de acordo com as condições climáticas existentes (ALLEN et al., 1998).

Segundo Doorebons e Pruitt (1977) a evapotranspiração da cultura refere-se a colheita livre de doenças, cultivadas em grandes campos sem limite hídrica e fertilizantes, dependendo também de outros fatores locais. Já Bernardo et al. (2006) definem que para o manejo correto dos sistemas de irrigação a evapotranspiração de uma determinada cultura precisa estar sob condições normais de cultivos e não possui uma obrigatoriedade de o teor de umidade permanecer sempre próximo à capacidade do campo.

Para os diferentes estádios fenológicos das culturas e sua ocupação na área disponível existente, ocorre a chamada evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), sendo definida através de condições específicas que não afetam o crescimento da cultura, ou seja, não corre pragas e doenças, deficiências nutricionais e hídricas. Apesar de sua determinação ser difícil e muitas vezes inexata, é muito importante para um bom dimensionamento de projetos de irrigação, visto que ela representa a quantidade de água que deve ser reposta ao solo para manter o crescimento e a produção da cultura em condições legais (FILHO et al., 2011).

## 2.7 Coeficiente da cultura ( $K_c$ )

O coeficiente de cultura ( $K_c$ ) representa os valores mínimos de exigência hídrica das plantas, sendo determinado empiricamente e varia de acordo com a cultura, seu estágio de desenvolvimento, clima e as práticas agronômicas adotadas (MELO, 2009).

É definido como uma relação entre a evapotranspiração máxima da cultura ( $ET_c$ ) e a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), sendo um fator importante no indicativo do consumo de água ideal para a planta durante todo o seu ciclo, é portanto, um elemento imprescindível para um escalonamento mais racional de projeto e manejo de irrigação (DOORENBOS E PRUIT, 1977).

É representado através da integração de três características que se distinguem a evapotranspiração de referências: i) a altura da cultura que afeta sua rugosidade e resistência aerodinâmica; ii) a resistência de superfície relativa ao binômio solo-planta, afeta a área foliar, fração de cobertura do solo com vegetação e a umidade no perfil do solo; iii) e pelo albedo da superfície da cultura do solo que é influenciado pela fração de cobertura do solo, pela vegetação e teor de água na superfície do solo que influencia o saldo de radiação disponível à superfície, principal fonte de energia para as trocas de calor e massa no processo de evapotranspiração (DOORENBOS E PRUITT, 1977).

Um planejamento da irrigação baseado em valores empíricos do  $K_c$ , que não seja do local estabelecido, certamente acarretará sobre estimativa ou subestimativa das reais necessidades hídricas da cultura que, associado a outros fatores, reflete nos custos de produção, na redução da qualidade do produto e na produtividade agrícola (SILVA et al., 2000).

## 2.8 Precipitação efetiva ( $P_{eff}$ )

Em hidrologia a precipitação é entendida como toda água que é proveniente do meio atmosférico e que atinge a superfície terrestre, tendo como exemplo as diferentes formas de precipitação, como exemplo a neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve, se diferenciando entre si devido o estado em que a água se encontra (TUCCI, HESPANHOL e NETTO, 2003).

O termo precipitação efetiva ( $P_{eff}$ ) possui diferentes interpretações a depender de cada especialidade, na agricultura é definida como a parte da precipitação que fica armazenada no solo até a profundidade efetiva das raízes das plantas, assim, disponível para os cultivos, sendo

a diferença entre a precipitação total e as diferentes perdas, como o escoamento superficial, percolação e evaporação interceptada pela vegetação (BARBOSA e GODIM, 2005).

Existem vários métodos para se determinar a precipitação efetiva, como os quais: Método do Balanço de Umidade no Solo, Método do Lisímetro, Método do U.S. Bureau of Reclamation e Método do Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos da América (EUA), além de vários tipos de equações (BARRETO et al. 2004).

Segundo Bernardo et al. (2006) a  $P_{eff}$  é a parte da precipitação utilizada pela cultura para atender a demanda evapotranspirométrica, para determinar a precipitação efetiva existem diversos métodos, entre os mais utilizados está o Método do Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos da América no qual se estima a  $P_{eff}$  média mensal em função dos valores regionais de precipitação mensal e da evapotranspiração potencial da cultura mensal.

## 2.9 CROPWAT 8.0

O modelo CROPWAT é o mais utilizado nos estudos pesquisados de Pegada Hídrica, empregado em diversos estudos consultados, que incluem Mekonnen e Hoekstra (2010), Chapagain e Hoekstra (2010), Mohapatra (2017), Aldaya, Muñoz e Hoekstra (2010), dentre outros. Este modelo faz a estimativa da evapotranspiração de culturas agrícolas, com base na equação de Penman-Monteith.

Foi desenvolvido pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) especificamente para dar suporte as decisões quanto ao manejo da irrigação (MINUZZI E RIBEIRO, 2014). O programa incorpora procedimentos para evapotranspiração da cultura de referência e as necessidades de água da cultura, permitindo assim uma simulação do uso da água várias condições de clima, cultura e solo (SURENDRAN et al. 2015).

Este software tem como público alvo: agrometeorologistas, agrônomos e engenheiros de irrigação. É utilizado como ferramenta de aplicação no desenvolvimento de recomendações para práticas e planejamento de irrigação de acordo com o suprimento de água da região ao longo do ano, levando-se em consideração as chuvas durante o período. Possui versões para Windows e DOS sendo as mais recentes escritas em Pascal.

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

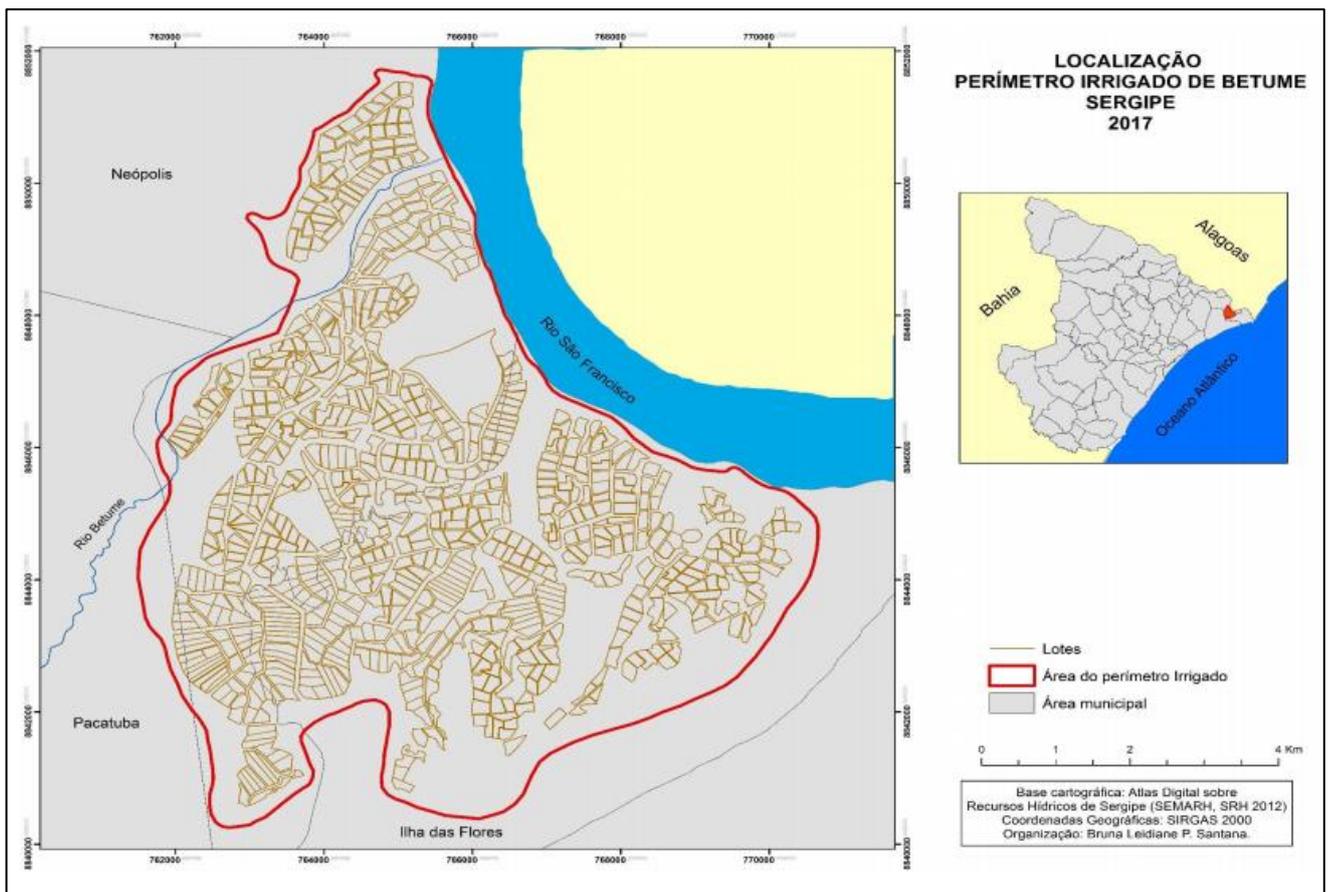
### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização e localização da área de estudo

O presente trabalho foi realizado no perímetro irrigado Betume, localizado entre os municípios de Neópolis, Ilhas das Flores e Pacatuba no baixo São Francisco, no Estado de Sergipe (Figura 8).

O Perímetro Irrigado Betume está inserido na bacia hidrográfica do rio Betume, sendo tributário do rio São Francisco, se encontra em operação desde 1978 e fica na região do baixo São Francisco, na margem direita do rio, a 35 Km da sua foz, ocupando uma superfície total de 6.698ha, apenas 2.865ha são irrigáveis, considerando como ponto de referência o Distrito Irrigado de Betume, é georreferenciado pelas coordenadas 10°25'36''S e 36°34'10''W e suas principais vias de acesso são as rodovias SE- 200 e SE-304 das quais o perímetro se liga a BR-101 (CODEVASF, 2005).

Figura 8: Localização do Perímetro Irrigado Betume, Sergipe.



Organização: Leidiane P. Santana, 2017

O clima da região é sub úmido, demarcado por duas estações, úmida fresca que vai de março a setembro e seca quente, que vai compreendendo o período de outubro a fevereiro. Sua precipitação média anual é de 1555mm, onde maio, junho e julho são considerados os meses mais chuvosos. O solo da região se caracteriza por hidromórficos e aluviais com predominância de textura argilosa e de pouca profundidade e a principal fonte hídrica na área de irrigação é o rio São Francisco, Betume e o riacho Poções (CODEVASF, 2005).

Na região do perímetro irrigado Betume, o arroz é a principal cultura, com base no sistema de irrigação por inundação (BRASIL, 2014). A infraestrutura do Betume possui cerca de 148 Km de rede de irrigação, 134 Km de drenos, 88 Km de estrada, 24,8 Km de diques e 9 estações de bombeamento de coleta de água (CODEVASF, 2005). A administração atualmente é feita pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) e contempla especificadamente à agricultura familiar (BRITTO, 2015).

### **3.2 - Área de estudo e trato culturais**

O local onde foi realizado o acompanhamento do plantio possui dimensão de aproximadamente 3,9 hectares sendo cultivado totalmente com arroz (Figura 09 a e b), a área foi georreferenciada apresentando as seguintes nas coordenadas geográficas: Lat: 10°25'49"S e Long.: 36°34'25"W, pertencendo à um agricultor familiar local que se dispôs a colaborar com a pesquisa contemplando a safra anual de 2016, 2017 e 2018.

O sistema de irrigação adotado pelos produtores de arroz na região é o de inundação e a água é proveniente de um sistema de bombas instaladas nas proximidades do rio São Francisco, sua distribuição é feita através dos canais que interligam os lotes (Figura 9 c e d).

A distribuição de água para a irrigação por inundação no perímetro é realizada conforme o calendário agrícola do Distrito de Irrigação do Betume (DIB), iniciando pelo município de Neópolis e Ilha das Flores e terminando nos povoados de Pacatuba, existindo nove estações de bombeamento de água: EB-O1, EB02, EB-03, EB-04, EB-05, EB-06, EB-07, EB-08 e EB-09 (Figura 10).

Estas estão são distribuídas ao longo das margens dos cursos fluviais, quatro destas utilizam as águas do rio Betume e cinco do rio São Francisco (SANTANA, 2017).

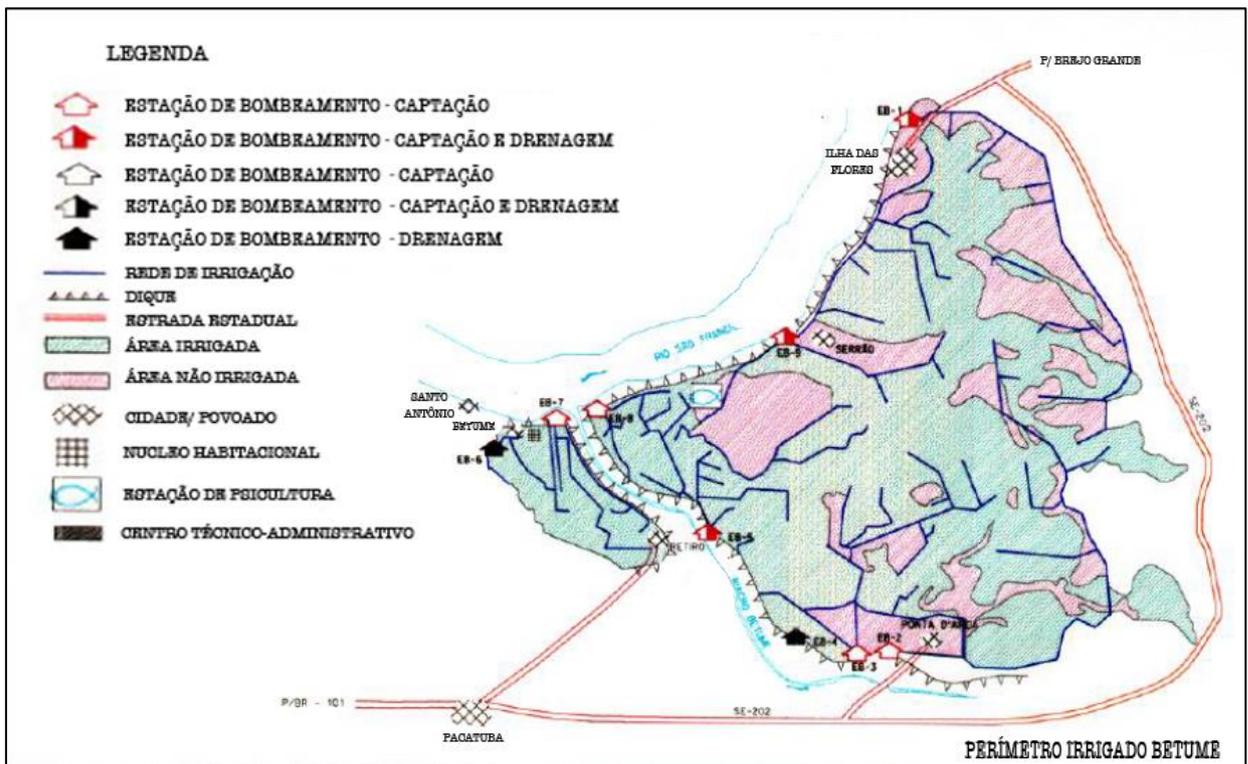
**Figura 09.** Lote experimental em fase de preparação para plantio (a), em fase de desenvolvimento (b), canais de distribuição entre os lotes (c) e comportas para liberação da água (d).





Fonte: Brandão, 2019.

**Figura 10.** Mapa esquemático da localização das estações de bombeamento no Perímetro Irrigado Betume.



**Fonte:** CODEVASF, 1988.

Antes do plantio é feita a sistematização que tem a finalidade de nivelar, proporcionando a distribuição uniforme da lâmina de água, aumentando a eficiência no uso de fertilizantes, favorecendo o manejo de plantas daninhas e otimizando a mão de obra.

Na região do Betume a preparação é realizada através do preparo primário e secundário descrito por Santos e Santiago (2014), no primário são utilizados tratores para arar o solo no qual descompacta e elimina a cobertura vegetal restante, no secundário as operações são mais superficiais e são realizadas o nivelamento e o uso de agroquímicos para eliminação de plantas daninhas. A cultura do arroz (*Oryza sativa L.*) que é utilizada pelos agricultores locais muda de acordo com o tipo que é entregue pelo governo, a cultura no perímetro do Betume não é homogênea e pode variar entre os lotes.

O tipo de cultivar de maior aceitação entre os agricultores locais é o denominado de SCS 177CL, no qual possui uma grande resistência aos produtos agroquímicos utilizados durante a fase inicial da plantação, eliminando as plantas daninhas, segundo Schiocchet (2011) este cultivar possui um gene tolerância ao grupo dos herbicidas imidazolinona, sendo assim, as

chances a perda de produtividade devido a doenças, plantas invasoras e baixa resistência as dosagens de agroquímicos são menores.

Porém, o tipo de cultivar utilizado durante safra anual dos anos que correspondem a esta pesquisa foi o EPAGRI 109 descrito no quadro abaixo. Cada tipo de cultivo possui uma numeração (Quadro 3) de identificação e se diferem em suas características (EPAGRI, 2018).

**Quadro 3:** Identificação e diferenciação dos tipos de cultivares

<b>Tipos de cultivares</b>	<b>EPAGRI 109</b>	<b>113 Tio Kaka</b>	<b>SCS 117 CL</b>	<b>SCS 121 CL</b>
Ciclo	Longo (142 dias)	Longo (141 dias)	Longo (144 dias)	Longo (141 dias)
Produtividade	10,0 t/ha	10,2 t/ha	9,0 t/ha	10,4 t/ha
Perfilhamento	Bom	Bom	Excelente	Bom
Acamamento	Resistente	Resistente	Resistente	Resistente
Reação à Toxidez por ferro	Resistente	Meio-suscetível	Resistente	Resistente
Reação à Brunose	Médio Suscetível	Médio Suscetível	Médio Resistente	Médio Resistente
Classe	Longo Fino	Longo Fino	Longo Fino	Longo Fino
Renda do beneficiamento (%)	72,00	71,00	70,02	71,01
Renda dos Grãos inteiros (%)	61,00	63,00	59,50	58,5

**Fonte:** Adaptado de Epagri, 2018.

### 3.3 - Dados climáticos

Os dados de pluviosidade (mm), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento ( $m s^{-1}$ ), insolação (h) e temperaturas máximas e mínimas do ar ( $^{\circ}C$ ), foram obtidos através da estação meteorológica Brejo Grande - A421 pertencentes ao INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (Figura 11), está localizada nas coordenadas geográficas: Latitude  $-10.473959^{\circ}$ ,

Longitude: -36.482051°W e Alt: 6 m acima do nível do mar. Os dados meteorológicos correspondem de 2016 a 2018.

**Figura 11:** Estação meteorológica Brejo Grande – A421.



**Fonte:** INMET, 2018.

### 3.3 Métodos para o cálculo da Pegada Hídrica

#### 3.3.1 Evapotranspiração de referencia (ET<sub>o</sub>)

O cálculo da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi realizado com base no método de Penman-Monteih através da seguinte equação:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \left(\frac{900U_2}{T+237}\right) (e_a - e_s)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Em que Rn é o saldo de radiação (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>), G refere-se ao fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>), T a temperatura média diária do ar (°C), U<sub>2m</sub> representa a velocidade do vento a 2 m acima da superfície (ms<sup>-1</sup>), e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub> é o déficit de pressão de saturação do ar (kPa), γ é a constante

psicométrica igual a  $0,063 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$  e  $s$  simboliza a curva de pressão de saturação de vapor no ar ( $\text{KPa } ^\circ\text{C}$ ).

### 3.3.2 Evapotranspiração da Cultura (ET<sub>c</sub>)

O cálculo da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi realizado pela multiplicação entre evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e o coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>), conforme a seguinte função:

$$ET_c = K_c \times ET_o \text{ [mm dia}^{-1}\text{]} \quad (2)$$

### 3.3.3 Coeficiente de Cultura (K<sub>c</sub>)

O coeficiente de cultivo do arroz utilizado nesta pesquisa está de acordo com o que Allen et al. (1998), FAO, 56, onde é descrito os seguintes valores: 0,30 no estado inicial (emergência – início do perfilhamento), 0,30 no estágio de desenvolvimento (início de perfilhamento – iniciação da panícula), 0,60 no estágio médio (início de perfilhamento – iniciação da panícula) e 0,30 no estágio final (no grão pastoso até o estágio de maturação).

### 3.3.4 Cálculo dos componentes da Pegada Hídrica da cultura do arroz

A metodologia utilizada para mensurar a pegada hídrica da cultura do arroz foi desenvolvida e recomendada por Hoekstra et al (2011). O estudo contemplou as fases 01 e 02 da avaliação da Pegada Hídrica, conforme a Figura 6.

### 3.3.5 Determinação da evapotranspiração verde e azul

A evapotranspiração da água verde (ET<sub>verde</sub>) foi calculada com o mínimo entre os valores de evapotranspiração total da cultura (ET<sub>c</sub>) e a precipitação efetiva (P<sub>eff</sub>), como demonstra as seguintes equações.

$$ET_{\text{verde}} = \min (ET_c, P_{\text{eff}}) \quad (3)$$

A evapotranspiração da água azul (ET<sub>azul</sub>), foi calculada a partir do máximo da equação 4.

$$ET_{zul} = \max (0, ET_c - P_{eff}) \quad (4)$$

De acordo com a equação 4, quando a precipitação efetiva é maior que a evapotranspiração da cultura, a ET<sub>azul</sub> é igual a zero.

### 3.3.6 Cálculo da necessidade hídrica das componentes verde e azul

A evapotranspiração total da água verde foi obtida através da soma de todas as ET<sub>verde</sub> ao longo de todo o período de crescimento. O cálculo da necessidade hídrica verde foi obtido através da equação 5.

$$C_{verde} = \alpha X \sum_{d=1}^{dpc} ET_{verde} \quad (5)$$

em que: C<sub>verde</sub> = necessidade hídrica verde (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>); ET<sub>verde</sub> = Evapotranspiração de água verde (mm dia<sup>-1</sup>); Dpc = duração do período de crescimento (dias); α = fator de conversão; d = dias.

### 3.3.7 Componentes da pegada hídrica verde e azul da rizicultura

A PH<sub>verde</sub> do processo de crescimento da cultura foi calculada dividindo o consumo de água verde da cultura (m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>) pela sua produtividade (ton ha<sup>-1</sup>).

$$PH_{verde} = \frac{C_{verde}}{Y} \quad (7)$$

em que Y é a produtividade da cultura (ton ha<sup>-1</sup>).

A PH<sub>azul</sub> do processo de crescimento da cultura foi calculada dividindo o consumo de água azul da cultura (m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>) pela sua produtividade:

$$PH_{\text{azul}} = \frac{C_{\text{azul}}}{Y} \quad (8)$$

### 3.3.8 Componentes de pegada hídrica cinza da rizicultura

A  $PH_{\text{cinza}}$  foi calculada através da taxa de aplicação de químicos por hectare (TAQ, Kg ha<sup>-1</sup>) vezes a fração de escoamento, lixiviação ( $\alpha$ ) dividindo pela concentração máxima aceitável ( $C_{\text{max}}$ ), menos a concentração natural ( $C_{\text{nat}}$ ) para o poluente considerado e, em seguida, dividido pela produtividade da cultura ( $Y$ , ton ha<sup>-1</sup>), conforme a Equação abaixo:

$$PH_{\text{cinza}} = \frac{(\alpha \times TAQ) / (C_{\text{max}} - C_{\text{nat}})}{Y} \quad (9)$$

em que:  $PH_{\text{cinza}}$  = Pegada Hídrica cinza (m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup>);  $\alpha$  = Fração de lixiviação (mm dia<sup>-1</sup>); TAQ = Taxa de aplicação de químicos por hectares (Kg ha<sup>-1</sup>);  $C_{\text{max}}$  = Concentração máxima aceitável para o poluente considerado (Kg m<sup>-3</sup>);  $C_{\text{nat}}$  = Concentração natural do corpo receptor de água (Kg m<sup>-3</sup>);  $Y$  = Produtividade da cultura (ton ha<sup>-1</sup>).

Para a fração de lixiviação foi adotado o proposto por Chapagain e Hoekstra (2010) para a rizicultura que é de 5%. Os dados referentes a taxa de aplicação de fertilizantes para o arroz foram extraídos de Bayer et al. (2012) no qual o valor é 30, o valor da concentração natural máxima aceitável para o poluente está de acordo com os limites enquadrados no CONAMA (2011).

### 3.3.9 Pegada Hídrica total do processo da rizicultura

O cálculo da pegada hídrica total do processo de desenvolvimento da cultura se deu a partir da soma de todos os componentes (verde, azul e cinza), conforme a equação abaixo:

$$PH_{\text{total}} = PH_{\text{verde}} + PH_{\text{azul}} + PH_{\text{cinza}} \quad (10)$$

Em que:

$PH_{\text{total}}$  = Pegada Hídrica total de um processo de crescimento de cultura (m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup>)

PHverde = Pegada Hídrica verde ( $\text{m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ )

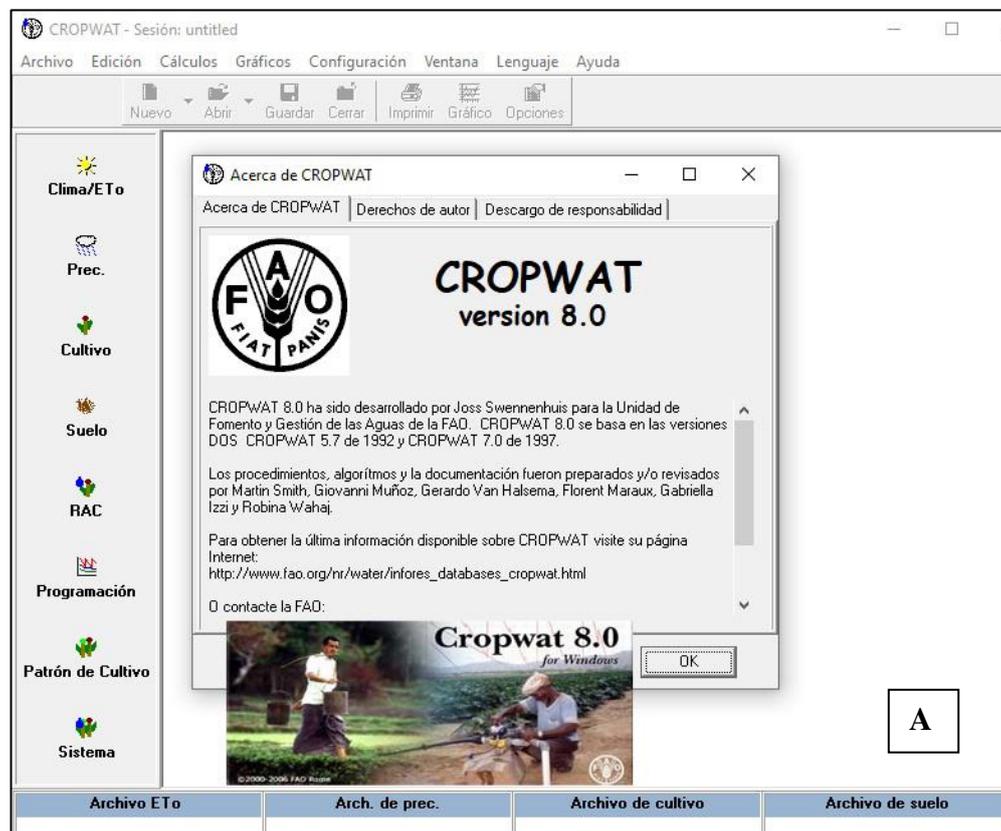
PHazul = Pegada Hídrica azul ( $\text{m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ )

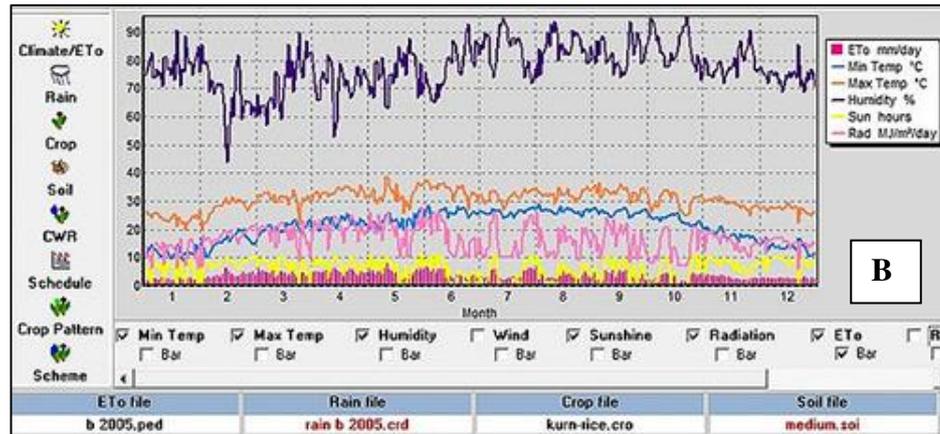
PHcinza = Pegada Hídrica cinza ( $\text{m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ ).

### 3.3.10 Modelo CROPWAT 8.0

O software CROPWAT 8.0 foi utilizado para calcular a precipitação efetiva ( $P_{\text{eff}}$ ) da cultura pesquisada com base no método do Serviço de Conservação do Solo do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA SCS), é uma ferramenta de aplicação recomendada para o planejamento de irrigação de acordo com o suprimento de água da região ao longo do ano, levando-se em consideração as chuvas durante o período. O modelo CROPWAT 8.0 faz a estimativa da evapotranspiração (ET<sub>o</sub>) de culturas agrícolas, com base na equação de Penman-Monteith e seu download é gratuito no site Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). Os dados meteorológicos usado como entrada nesta pesquisa foram obtidos junto ao INMET, pode-se observar o software abaixo o Layout e os gráficos gerados pelo a partir da inserção de dados (Figura 12. a e b).

Figura 12 a e b. Layout do software CROPWAT 8.0





Fonte: FAO (2010).

### 3.4 Rendimento médio do Arroz no baixo São Francisco Sergipano

Para se estimar os custos das atividades agropecuárias, é necessário um conjunto de informações a serem obtidas pelos produtores, sem as quais a tarefa fica praticamente impossível (MARTINS et al. 1998). Sendo assim, foram obtidos os dados de produtividade da rizicultura e a partir deles gerados os custos de produção, calculando os indicadores econômicos tais como a receita bruta, margem bruta e a relação custo benefício.

Todo o processo de obtenção dos custos foi baseado no conceito de custo operacional (COE) descrito com Martins et al. (1998) no qual são todos os desembolsos monetários realizado com o desenvolvimento da cultura. A determinação da eficiência econômica foi realizada com obtenção da relação benefício/custo (RBC) de acordo com a equação 11.

$$RBC = \frac{RB}{CP} \quad (11)$$

em que:

RB é a renda bruta auferida a cultura (R\$ ha<sup>-2</sup>)

CP é o custo de produção (R\$ ha<sup>-2</sup>);

A renda bruta para a cultura foi obtida através da expressão 12.

$$RBC = PP \cdot PD \quad (12)$$

em que:

PP é o preço do Kg do arroz com casca (R\$ kg<sup>-2</sup>)

PD produção obtida no lote (hectare)

A renda líquida para a cultura foi obtida através da diferença entre a renda bruta e o custo de produção.

$$RL = RB - CP \quad (13)$$

em que:

RB é a renda bruta obtida no lote (R\$ ha<sup>-2</sup>)

CP é o custo de produção (R\$ ha<sup>-2</sup>)

O custo de produção (CP) corresponde a todos os custos de produção e foi determinada a partir da equação 14.

$$CP = \text{Coperações} + \text{Cmaterial consumido} \quad (14)$$

em que:

Coperações corresponde à mão de obra utilizada na produção.

Cmaterial consumido corresponde aos fertilizantes, pesticidas e sementes.

### 3.4 Conhecimento acerca do uso dos agroquímicos

Inicialmente foi feita uma caracterização preliminar dos atores que possuem ligação direta com o desenvolvimento da atividade da rizicultura na região através de conversas informais com os técnicos da associação dos agricultores local, após esse momento, foi necessário definir o que seria abordado nas entrevistas semiestruturadas, garantindo a total liberdade do entrevistado em participar ou não.

A amostragem para as entrevistas foi definida de acordo com a quantidade de produtores de arroz informado pela CODEVASF e pela associação de agricultores da região do perímetro Irrigado do Betume. A determinação do tamanho mínimo da amostra está de acordo com Ribeiro (2014) no qual a fórmula é descrita da seguinte maneira, onde:

$$n = \frac{(N \cdot z^2 \cdot p \cdot (1-p))}{(e^2 \cdot (N-1) + z^2 \cdot p \cdot (1-p))} \quad (15)$$

n = corresponde ao tamanho da amostra, ou seja, a quantidade de lotes a ser pesquisado;

$N$  = corresponde a quantidade total de lotes da pesquisa;

$z^2$  = é o nível de confiança para essa pesquisa, sendo 95%;

$e$  = Erro amostral tolerável, sendo adotado para essa pesquisa como 5%;

$p$  = Proporção de ocorrência e não ocorrência tolerável ambas de 0,50.

Visando atender aos critérios de precisão dos procedimentos amostrais o nível de confiabilidade adotado é de 95% com uma margem de erro máxima permitida de 5%. Considerando a variável  $N$  para o número de lotes existentes no perímetro irrigado Betume no qual soma total é de 673, tendo como base a equação acima. Portanto, foi possível definir o tamanho da amostra no total de 65 lotes a serem pesquisados, porém levando em consideração que existe rizicultores que possuem mais de um lote na região, a amostragem encontra-se dentro da margem erro tolerável.

Segundo Marconi e Lakatos (2003), a entrevista é um encontro entre duas pessoas a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto, através de uma conversação de natureza profissional, podendo ser não-estruturada onde o pesquisador pode explorar mais amplamente uma questão, em geral as questões são abertas e podem ser respondidas dentro de uma conversação informal.

Foi utilizado como dados secundários para a elaboração das perguntas os resultados fornecidos pela CODEVASF sobre o perímetro irrigado do Betume com informações sobre a quantidade de lotes, como também o trabalho de Britto (2015) que possui dados importantes sobre o risco de contaminação das águas superficiais e o monitoramento da qualidade de água expostas ao uso de agroquímicos na rizicultura.

Foi consultado através do Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV) dados sobre os procedimentos corretos para a lavagem de embalagens de defensivos agrícolas, legislação regulamentadora, destinação final e a importância do uso de EPI's para a segurança do agricultor.

### **3.5 Cartilha informativa da Pegada Hídrica da Rizicultura do baixo São Francisco**

A educação ambiental é o processo no qual o indivíduo em coletividade controla os valores sociais, conhecimentos e atitudes voltados para a conservação do meio ambiente, sendo uma importante ferramenta no processo de sensibilização sobre os efeitos do homem no meio ambiente (BRASIL, 1999).

A cartilha informativa foi desenvolvida no intuito de divulgar os dados obtidos durante a pesquisa para a comunidade em geral, como também pela necessidade de atualização sobre a atividade na região para aqueles que possuem ligação direta, obtendo os seguintes resultados:

- Quantidade de água gasta durante o ciclo de cultivo do arroz no perímetro irrigado Betume;
- Os riscos de contaminação da água pelo uso excessivo de agroquímicos (agroquímicos);
- Importância do uso dos equipamentos de proteção individuais no manuseio dessas substâncias;
- Procedimentos corretos para o armazenamento, lavagem das embalagens e destinação final;

A versão final possui a dimensão de 148x210mm, e o trabalho de design e diagramação das imagens foram realizados pelo autor. As imagens utilizadas foram retiradas das fontes de dados citados anteriormente, como também da pesquisa em campo, e sendo trabalhadas nos softwares Adobe Illustrator e Corel Draw X8 e publicada no site da Editora Criação (Figura 13), pode ser acessada no seguinte endereço: <http://editoracriacao.com.br/2020/01/22/cartilha-da-pegada-hidrica-na-rizicultura-do-baixo-sao-francisco-e-o-uso-de-defensivos-agricolas>.

**Figura 13.** Capa e contracapa da cartilha com dados da rizicultura no baixo São Francisco e a saúde dos rizicultores locais.



**Fonte:** Brandão (2019)

### **3.6 Aspectos éticos e legais da pesquisa**

O estudo foi submetido e aprovado pelo CEP - Comitê de Ética da Universidade Federal de Sergipe (UFS) com o número 3.248.474 no qual objetiva defender os interesses dos participantes da pesquisa e contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro dos padrões éticos, foi entregue aos participantes o TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido informando o objetivo da pesquisa, permitindo ao solicitado tomar sua decisão de forma justa e sem constrangimentos, depois de devidamente assinado, teve sua proteção legal e moral garantida pelo pesquisador, no qual assumiu com o compromisso de preservar a privacidade e a identidade dos participantes que contribuíram com a coleta de dados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Médias mensais das variáveis meteorológicas

A partir dos dados das variáveis meteorológicas da área experimental fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para os anos de 2016, 2017 e 2018, foram obtidas as médias mensais de cada variável, apresentadas nas Tabelas 02, 03 e 04 a seguir:

Com as médias meteorológicas disponíveis foi possível realizar os cálculos através do software CROPWAT 8.0 dos valores anuais da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), evapotranspiração de cultura (ET<sub>c</sub>) da rizicultura e da precipitação efetiva (P<sub>eff</sub>) do perímetro irrigado Betume, no qual corresponde ao período a safra de cada respectivo ano, onde o ciclo dura em torno de 142 dias.

Tabela 02: Médias mensais das variáveis meteorológicas para o ano de 2016 na região do perímetro irrigado Betume – SE.

MÊS	TEMPERATURA °C			UMIDADE RELATIVA	PRECIP (mm)	INSOLAÇÃO	VELOCIDADE DO VENTO
	MÍNIMA	MÁXIMA	MÉDIA	%	TOTAL	HORA	(2M) m/s
JAN	21,6	34,9	27,4	72	93	634,5	2
FEV	19,6	34,9	27,2	62,8	41,2	632,3	2
MAR	21,5	34,4	27,7	68,8	86,8	651,7	2
ABR	22,3	32,5	27	71,7	75	275,2	1
MAI	21,3	31,8	26,4	70	23,6	59,4	1
JUN	21	32	26	70	0	0	1
JUL	20,5	32,2	27,3	72,4	0	539,7	2
AGO	20,9	30,9	27,7	70,6	2,4	537,7	3
SET	20	30,5	29,9	62	0	2,3	4
OUT	20,3	31,6	26,6	78,5	6,4	299,6	3
NOV	18,9	32,7	27,1	77,7	4	972,6	3
DEZ	20,1	33,5	27,5	77,2	11	994,1	3
<b>TOTAL</b>					<b>343,4</b>	<b>5.599,1</b>	
<b>MÉDIA</b>	<b>20,7</b>	<b>32,7</b>	<b>27,3</b>	<b>71,7</b>	<b>28,6</b>	<b>466,59</b>	<b>2,3</b>

Fonte: INMET (2016).

Tabela 03: Médias mensais das variáveis meteorológicas para o ano de 2017 na região do perímetro irrigado Betume – SE.

MÊS	TEMPERATURA °C			UMIDADE RELATIVA %	PRECIP (mm)	INSOLAÇÃO	VELOCIDADE DO VENTO (2M)
	MINIMA	MAXIMA	MEDIA	MEDIA	TOTAL	HORA	m/s
JAN	20,3	33,6	27,5	76	4,6	965,5	2,4
FEV	20,2	33,8	27,6	77	18,8	825,7	2,2
MAR	25,6	34	27,7	79	0	902,8	1,8
ABR	20,7	33,5	27,3	83	0	746,8	1,5
MAI	20,7	33,8	26,3	86	55,4	675,7	1,4
JUN	20,9	31,5	25,3	87	378,4	630,1	1,4
JUL	20,1	29,2	24,4	82	174	710,4	1,8
AGO	19,2	29,9	24	88	116	723,7	1,2
SET	20,4	29,2	24,4	86	215	808,4	1,9
OUT	21,2	30,3	25,5	84	47,4	875	2
NOV	20,6	32	26,4	82	0,8	984,4	2,7
DEZ	21,2	34,1	26,9	83	0	987,2	2,6
<b>TOTAL</b>					1010,4	9.835,7	
<b>MÉDIA</b>	26,1	32,1	20,9	82,8	28,6	819,64	2,3

Fonte: INMET (2017)

Tabela 04: Médias mensais das variáveis meteorológicas para o ano de 2018 na região do perímetro irrigado Betume – SE.

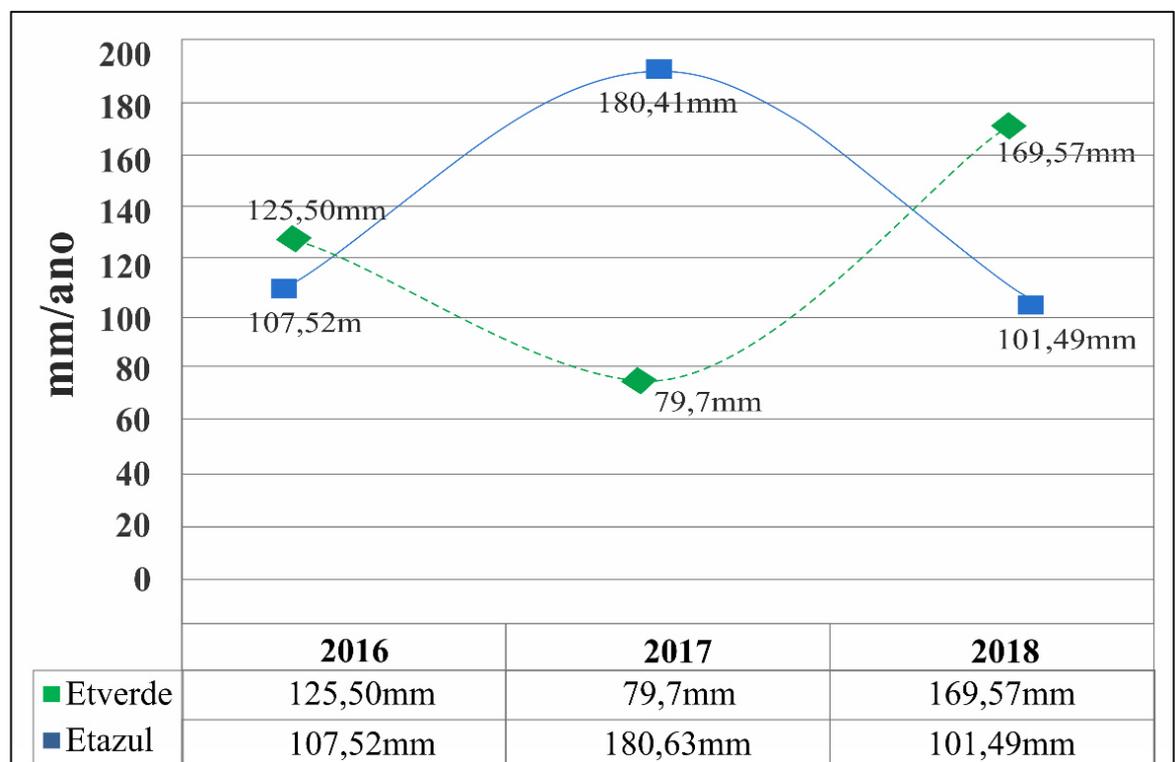
MÊS	TEMPERATURA °C			UMIDADE RELATIVA %	PRECIP (mm)	INSOLAÇÃO	VELOCIDADE DO VENTO (2M)
	MINIMA	MAXIMA	MEDIA	MEDIA	TOTAL	HORA	m/s
JAN	20,5	33,1	27,3	80,5	0	927,4	2,3
FEV	21,2	33,4	27,3	82,6	0	825,6	2,2
MAR	20,3	35,2	27,4	83,2	0	997	2,1
ABR	20,3	33,4	26,4	84,1	37,6	744,9	1,2
MAI	19,6	31,8	25,8	86,4	121,8	739,6	1,2
JUN	19	31,3	25	85	103,2	704,1	1,2
JUL	18,1	29,8	24,1	85,8	123,2	704,5	1,2
AGO	17,2	30,5	24,4	83,1	27,4	821,1	1,5
SET	18,4	31,8	25,4	81	18,2	866,9	2,1
OUT	20	33,1	26,6	79,4	22,2	1005,7	2,7
NOV	19,8	33,5	26,9	79,7	15,4	877,1	2,7
DEZ	18,1	34,1	27,3	78,8	23,8	998	2,4
<b>TOTAL</b>					492,8	10.212	
<b>MÉDIA</b>	26,2	32,6	19,4	82,5	41,06	850,99	1,9

Fonte: INMET (2018)

#### 4.2 Pegada Hídrica da rizicultura do baixo São Francisco

A partir dos valores obtidos da evapotranspiração média diária do cultivo do arroz referentes à 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume em Néopolis – SE, foram calculados os valores da evapotranspiração azul (ETazul) e verde (ETverde) através das equações 4 e 7 respectivamente, cujo resultados estão apresentados na Figura 14.

**Figura 14.** Valores de evapotranspiração azul e verde da rizicultura em 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume em Neópolis – SE.



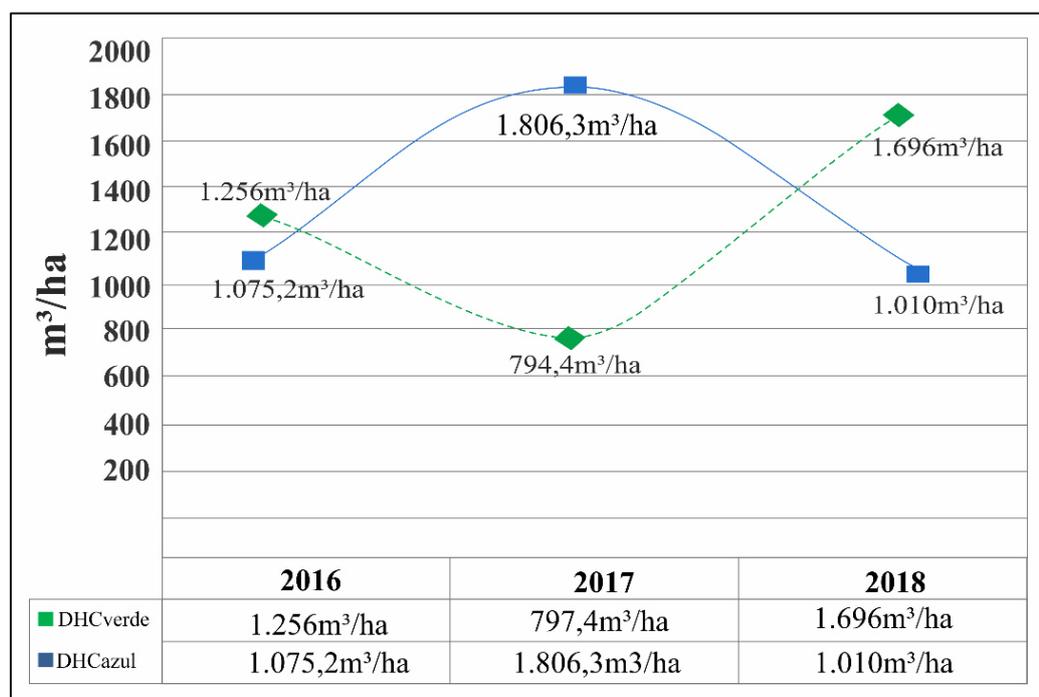
A partir dos valores anuais encontrados da ETazul e ET verde durante o desenvolvimento da cultura de arroz, é possível observar que a ETverde se manteve superior nos anos de 2016 (125,50mm) e 2018 (169,57mm) e que manteve valores aproximados para a ETazul em ambos dos anos, enquanto no ano de 2017 nota-se uma inversão e a ETazul (180,63mm) possui valor superior a ETverde (79,7mm). O aumento da ETazul no ano de 2017 se deu pela data inicial e final do cultivo, que ocorreu no mês de novembro de 2017 e finalizou no mês de abril de 2018 no qual a precipitação para a região foi baixa, portanto, a irrigação foi mais utilizada. Estes resultados corroboram com os obtidos por Matos (2015) trabalhando com a Pegada Hídrica da

cultura de batata doce no agreste sergipano onde se obteve o mesmo padrão de inversão no qual o ano de 2012 a ETazul se sobressaiu a verde com 923mm.

Já os valores da precipitação efetiva (Peff) foram calculados a partir das simulações no software CROPWAT 8.0 no qual calcula a quantidade de água necessária para a irrigação. As precipitações efetivas (Peff) referentes as safras correspondentes aos anos durante o desenvolvimento da cultura do arroz foram: 2016 (97,9mm), 2017 (23,1mm) e 2018 (60,6mm) correspondendo ao período total de desenvolvimento da cultura. No trabalho de Bonfim (2017) no qual os resultados estão divididos por estação, a  $P_{eff}$  para a estações (primavera e verão) que correspondem ao mesmo período deste estudo totalizaram 33,4mm.

Logo em seguida foram calculados os componentes da demanda hídrica azul (DHC azul) e verde (DHC verde) da rizicultura no baixo São Francisco através das Equações 5 e 6, cujo os resultados estão apresentados na Figura 15. Segundo Chapagain e Hoekstra (2010), o uso total da água ( $m^3$ /ano) para a produção de arroz em cada país é calculada multiplicando a área colhida da cultura do arroz (ha/ano) com a quantidade de água correspondente (mm/ano) usada.

**Figura 15.** Valores da demanda hídrica verde e azul ( $m^3 ha^{-1}$ ) na região do perímetro irrigado Betume para a rizicultura nos anos de 2016, 2017 e 2018.



Observou-se que os resultados da DHCazul de 2016 ( $1.075,2m^3 ha^{-1}$ ) e 2018 ( $1.010m^3 ha^{-1}$ ) são inferiores a DHCverde dos respectivos anos, já para 2017 houve uma alteração onde DHCazul ( $1.806,3m^3 ha^{-1}$ ) supera a DHCverde ( $797,4m^3 ha^{-1}$ ), esta alteração se deu pelo

aumento no uso da irrigação na região. Estes valores encontrados são diferentes dos obtidos por Bonfim (2017) para a cultura do coentro no agreste sergipano no qual os resultados estão divididos por estações a DHCazul ( $3175,8 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ ) supera a DHCverde ( $195,3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ ) durante as estações (primavera e verão) que correspondem ao mesmo período deste estudo, este padrão justifica se pela localização do estudo no qual a distribuição espacial e irregular das chuvas faz com que seja necessário a prática da agricultura irrigada, suprimindo a escassez e consequentemente apresentando um maior consumo de água azul. Os resultados obtidos neste estudo corroboram com os valores obtidos por Matos (2015) para a DHCazul e DHCverde onde mostrou que a DHCverde de 2010 ( $9895\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ) e 2011 ( $1008,2\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ) superou a DHCazul no ano de 2010 ( $7022\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ) e 2011 ( $6276\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ) e que no ano de 2012 os valores se inverteram e a DHCverde ( $6455\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ) foi inferior a DHCazul ( $9233\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ) onde a região demonstrou baixa precipitação anual.

Para se determinar a pegada hídrica verde, azul e cinza da rizicultura no baixo São Francisco foram necessários os valores da produtividade anual do lote experimental cujo estão apresentados na Tabela 05 abaixo.

**Tabela 5.** Produtividade do lote experimental da rizicultura (toneladas) durante os anos de 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume em Neópolis – SE.

Ano	2016	2017	2018
<b>Produtividade (ton/ha<sup>-1</sup>)</b>	9.850	8.750	8.000

**Fonte:** CODEVASF (2018).

Os valores utilizados para o cálculo da PHcinza da rizicultura estão apresentados na tabela 6.

**Tabela 6.** Valores utilizados para o cálculo da pegada hídrica cinza rizicultura na região do perímetro irrigado Betume em Neópolis – SE.

Taxa de lixiviação ( $\alpha$ )	Taxa de aplicação de químicos (TAQ)	Concentração natural máxima aceitável p/ o poluente ( $C_{\text{máx}}$ )	Concentração natural do corpo receptor ( $C_{\text{nat}}$ )
$\text{m}^3 \text{ ton}^{-1}$	$\text{Kg ha}^{-1}$	$\text{Kg m}^{-1}$	$\text{Kg m}^{-1}$
5%	30	$20\text{mg L}^{-1}$	0

**Fonte:** Chapagain e Hoekstra (2010); Bayer et al. (2012); CONAMA (2011).

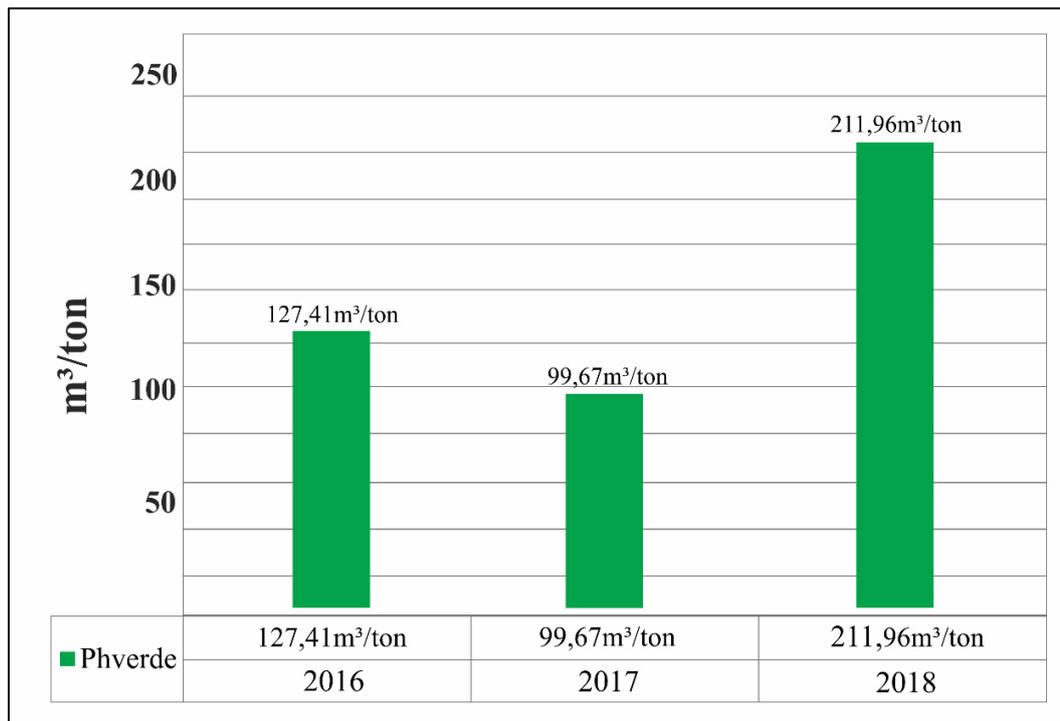
A análise do efeito da aplicação de químicos na área de pesquisa foi realizada a partir de entrevistas sobre o uso destes produtos na plantação com agricultores locais. Sendo assim, para se obter a PHcinza utilizou-se o poluente mais crítico que foi o nitrogênio, recomendado por Hoekstra (2011), o valor de concentração natural do mesmo no corpo hídrico que é igual a zero e a taxa de lixiviação 5% considerando as recomendações de Chapagain e Hoekstra (2010) para a rizicultura.

Os dados referentes a aplicação de fertilizantes para o arroz foram extraídos de Bayer et al. (2012) e o valor da concentração natural máxima aceitável para o poluente está de acordo com os limites enquadrados no CONAMA (2011) conforme apresentado na Tabela 6. Então, com os resultados da PHcinza é possível saber o nível de poluição na cadeia de produtos ou processo, sendo definida como a água necessária para diluir/depurar o poluente (COSTA et al. 2018).

Com todos os dados do  $C_{\text{verde}}$  e  $C_{\text{azul}}$  mais o valor da lixiviação, taxa de aplicação de químicos, concentração aceitável para o poluente crítico, concentração natural do corpo receptor de água e os valores da produtividade da rizicultura foi possível dar continuidade à pesquisa e obter os valores da PH verde, azul e cinza através das Equações 3, 6 e 9 respectivamente. Para se obter a PH total da rizicultura foi utilizada a Equação 10 na qual é feita a contabilização total.

Os valores da PHverde representam a água da chuva incorporada durante o processo de desenvolvimento da cultura. Na Figura 16 é possível observar os valores da Pegada Hídrica Verde (PHverde) anual da rizicultura do baixo São Francisco.

**Figura 16.** Valores da Pegada Hídrica Verde nos anos de 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume.



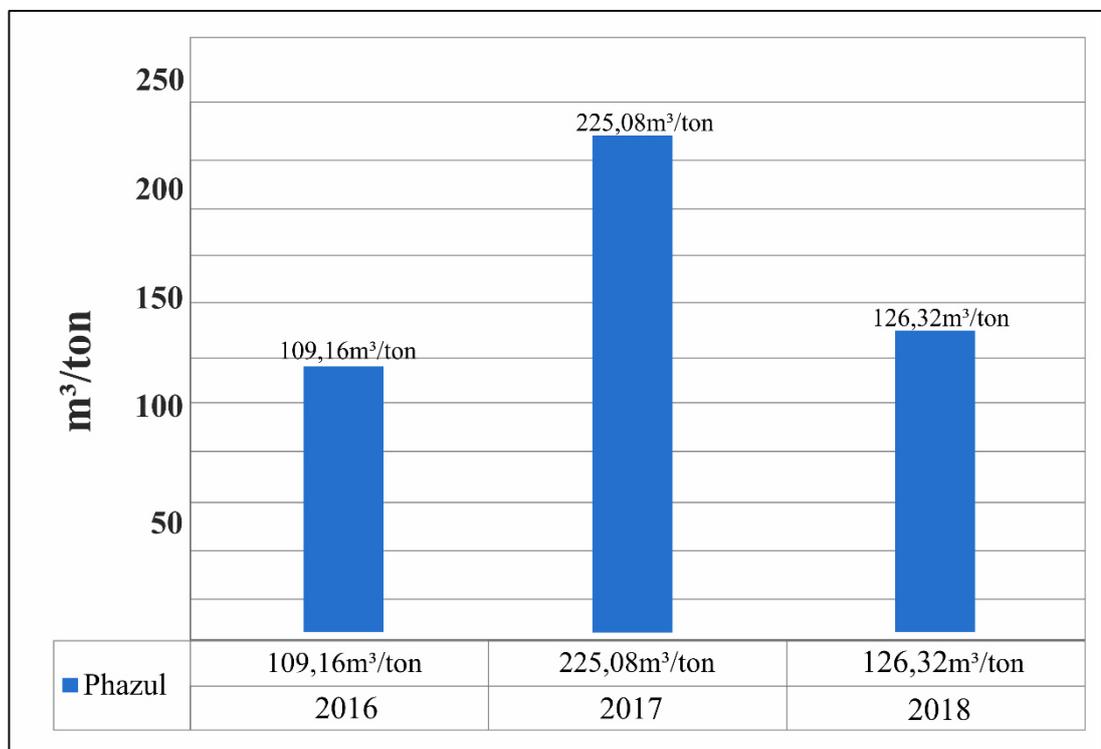
Chapagain e Hoekstra (2010) no período de 2000 à 2004 obtiveram a média da PH para diversas culturas, a PHverde da rizicultura no Brasil foi de  $791\text{m}^3\text{ton}^{-1}$  no qual justifica-se pelas regiões onde foi estimado, se concentrando no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país no qual possuem maiores precipitações pluviométricas.

Ao comparar com os valores obtidos por Aldaya, Munõz e Hoekstra (2010), para a produção de arroz na Ásia é possível observar levando em consideração as mudanças das variáveis climáticas entre os dois continentes que a PHverde ou seja, que a água proveniente de chuvas são escassas, sendo apenas 3% do total de água utilizada no desenvolvimento do arroz, essas regiões dependem quase em sua totalidade do uso de sistemas de irrigação. Já na Coreia, no trabalho de Yoo, Choi, Lee e Kim (2014) os valores da PHverde ficam abaixo da PHazul, demonstrando a necessidade na captação de águas superficiais e subterrâneas para atender a demanda da rizicultura local.

Nos resultados obtidos por Silva et al (2015) para PHverde da cultura da cana-de-açúcar cultivada no Estado da Paraíba por diferentes sistemas de irrigação, demonstra que ela é menor que a PHazul em quase sua totalidade, sendo maior apenas no sistema de sequeiro no qual PHverde é zero por corresponder a água adicionada ao sistema através da irrigação.

Na Figura 17 é possível observar os valores da Pegada Hídrica Azul (PHazul) anual da rizicultura do baixo São Francisco. Os valores da pegada azul representa toda a água subterrânea e superficial utilizada durante o processo de desenvolvimento da cultura no qual os anos de 2016 ( $109,16\text{m}^3/\text{ton}^{-1}$ ) e 2018 ( $126,32\text{m}^3/\text{ton}^{-1}$ ) apresentaram valores abaixo da média estimada para o Brasil por Chapagain e Hoekstra (2010) no período de 2000 à 2004 que foi de ( $670\text{m}^3/\text{ton}^{-1}$ ). Para o ano de 2017 ( $225,08\text{m}^3/\text{ton}^{-1}$ ) apresentou uma média maior se comparada aos outros anos no qual se justifica pela baixa precipitação nos meses de desenvolvimento da cultura, sendo necessário um maior uso da irrigação na região.

**Figura 17.** Valores da Pegada Hídrica Azul nos anos de 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume.



No estudo de Matos (2015) na batata-doce do agreste sergipano a PHazul ficou abaixo da PHverde nos anos de 2010 ( $351,1\text{m}^3/\text{ton}^{-1}$ ) e 2012 ( $448,4\text{m}^3/\text{ton}^{-1}$ ), sendo maior apenas no ano de 2011 ( $577,06\text{m}^3/\text{ton}^{-1}$ ), no qual o autor correlacionou o índice de produtividade média anual da batata-doce com maior consumo de água através da PH independentemente da relevância dos componentes azul e verde quando combinados.

Diferentemente dos resultados obtidos para a PH da rizicultura no baixo São Francisco, Aldaya, Munõz e Hoekstra (2010) demonstram através dos seus resultados no desenvolvimento da cultura na Ásia que a PHazul é responsável por até 95% de toda a água utilizada no arroz asiático, sendo totalmente dependente dos sistemas de irrigação local. Nos valores da PHazul

obtidos nas cidades produtoras de arroz da Coreia, no trabalho de Yoo, Choi, Lee e Kim (2014) os valores da PHazul se sobressaem a PHverde, demonstrando a necessidade na captação de águas superficiais e subterrâneas para atender a demanda hídrica da rizicultura local, sendo responsável por mais 50% de toda a água utilizada no desenvolvimento total do cultivo.

Bonfim (2017) no seu estudo para a cultura do coentro, obteve uma PHazul ( $933\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) sempre maior que PHverde ( $459,2\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) nas estações que corresponde ao mesmo período (primavera e verão) deste estudo, chegando à conclusão que a PHazul corresponde a 81% de toda água utilizada para o desenvolvimento do coentro, os resultados de Silva (2018) no qual a PHazul ( $327,02\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) se sobressaiu PHverde ( $73,23\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) corroboram com os obtidos por Bonfim (2017) realizados na mesma região, já os resultados obtidos neste estudo corroboram com os encontrados por Rodolfo (2015) onde apenas no ano de 2012 a PHazul ( $577,06\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) foi mais elevada que a PHverde ( $402,81\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) justificando pelo aumento da irrigação.

Nos resultados de Silva et al. (2015) para PHazul da cana-de-açúcar por diferentes sistemas no qual o software CROPWAT também está inserido, demonstra que ela é maior que a PHverde, aumentando na medida que ocorre incremento na irrigação, entrando em concordância com o conceito da PHazul vista que representa a água de irrigação utilizada no desenvolvimento da cultura.

Portanto, os resultados obtidos para a PHverde da rizicultura do baixo São Francisco corroboram com o de Matos (2015) no trabalho sobre a estimativa dos componentes azul e verde para a batata doce onde os valores da PHverde de 2010 ( $494,75\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) e 2011 ( $672,13\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) são maiores que os da PHazul tanto para 2010 ( $351,1\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) quanto 2011 ( $448,4\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ), apresentando relevância entre os componentes azul e verde observados na evapotranspiração e na demanda hídrica da cultura.

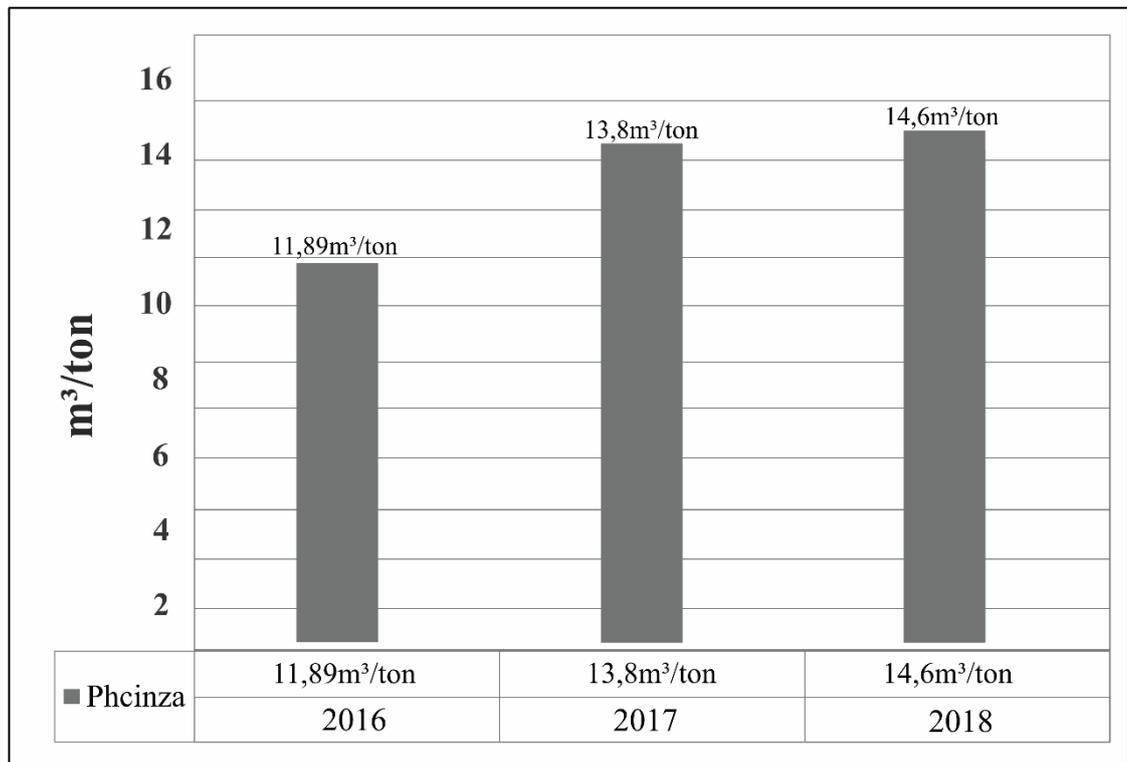
A PHcinza é vista como um fluxo depositório de poluição da água, trazendo consequências ambientais para os corpos hídricos a depender da quantidade de poluentes críticos presentes na água doce (BONFIM, 2017). Chapagain e Hoekstra (2010) estimaram a média da pegada hídrica global da rizicultura dentro do período de 2000 a 2004 no qual o Brasil se encontra incluso. Portanto, o valor médio descrito para a quantidade de água necessária na depuração/ diluição de poluentes é de  $61\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ .

Os valores encontrados aqui para os anos de 2016 ( $11,89\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ), 2017 ( $13,8\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) e 2018 ( $14,6\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) estão dentro das médias encontradas por Chapagain e Hoekstra (2010) o que significa que os corpos hídricos locais conseguem assimilar os produtos agroquímicos que

chegam até eles, é possível observar uma tendência no crescimento desta pegada ao passar dos anos, diferentemente do que pode ser observado aqui, o trabalho feito por Rodriguez, Galarreta e Kruse (2015) que analisou a pegada hídrica da batata na região pampa da Argentina, demonstrou que a PHcinza correspondeu a 43,6% da PH total do desenvolvimento da cultura, isso implica no volume de água necessário para assimilar os fertilizantes nitrogenados lixiviados demonstrando o grande impacto na qualidade da água dentro das práticas agrícolas. Como opção de mitigação da PHcinza, pode-se eliminar ou reduzir o uso de substâncias químicas na agricultura fazendo a opção pela agricultura orgânica.

Na Figura 18 abaixo é possível observar os valores da PHcinza referentes a pesquisa.

**Figura 18.** Valores da Pegada Hídrica Cinza nos anos de 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume.



Nas medições da pegada hídrica da cana-de-açúcar cultivada no Estado da Paraíba, Silva et al. (2015) observaram através do uso do software CROPWAT que a PHcinza corresponde a cerca de 4% da PHtotal, quanto maior for o incremento na irrigação, menor será a PHcinza de uma cultura em desenvolvimento

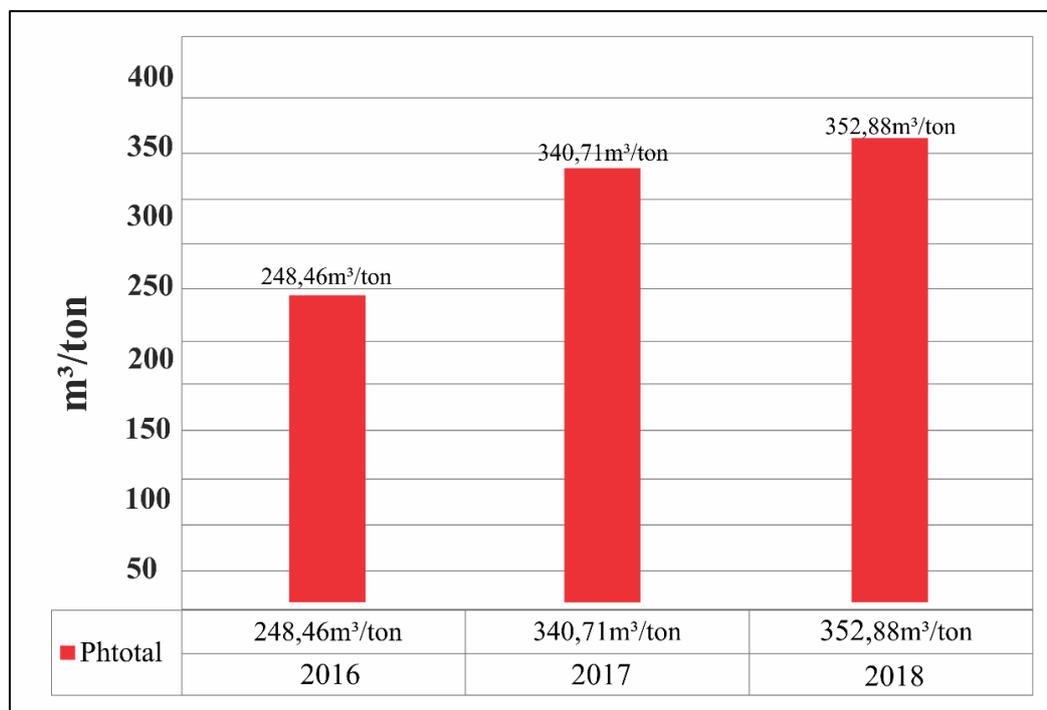
já que ocorrera a depuração dos produtos utilizados na plantação. Bonfim (2017) totalizou 14,27 m³ton<sup>-1</sup> durante o desenvolvimento da cultura do coentro nas quatro estações do ano de

2016. Silva (2018) em seus resultados para a pimenta malagueta no agreste sergipano totalizou  $5,17\text{m}^3\text{ton}^{-1}$  para os anos de 2012, 2013 e 2014.

Na Figura 17 é possível observar os valores da  $\text{PH}_{\text{total}}$  anual da rizicultura do baixo São Francisco para os anos de 2016, 2017 e 2018. Os valores totais da pegada hídrica representam toda a água sendo ela proveniente das chuvas e de subterrânea e superficial, além da utilizada para a depuração de poluentes nos corpos hídricos durante o processo de desenvolvimento da cultura.

Nos estudos realizado por Chapagain e Hoekstra (2010) a  $\text{PH}_{\text{total}}$  dos componentes verde, azul e cinza da cultura de arroz para o Brasil no período de 2000 a 2004 é de  $1521\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ . Nos resultados obtidos para a rizicultura no baixo São Francisco foram: 2016 ( $248,46\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ), 2017 ( $340,71\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) e 2018 ( $352,88\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) estes resultados se encontram abaixo da literatura, provavelmente pode se aferir as condições de solo e clima na região do perímetro irrigado Betume.

**Figura 19.** Valores da Pegada Hídrica Total nos anos de 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume.



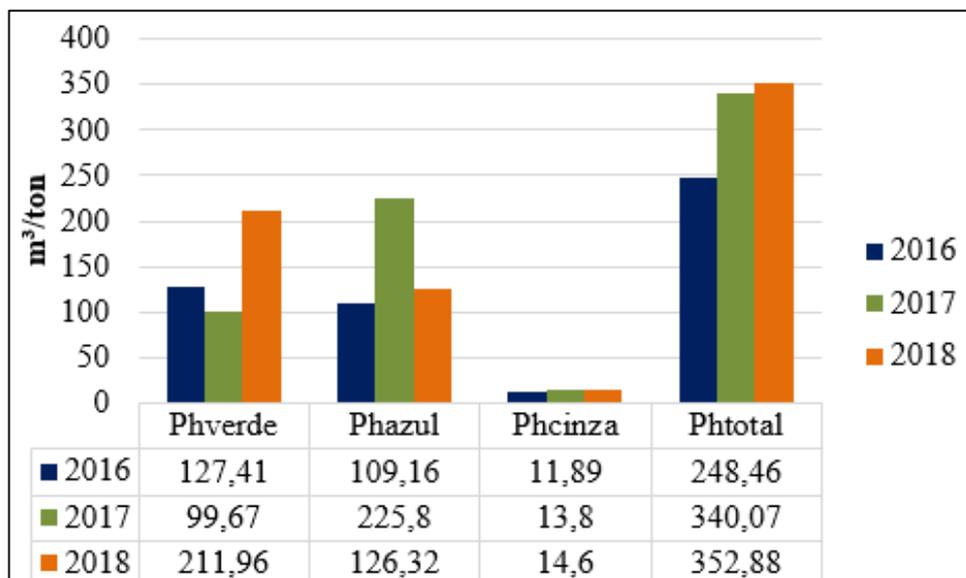
Na estimativa feita por Yoo et al. (2014) para o arroz em diferentes localidades da Coreia a  $\text{PH}_{\text{total}}$  ficou em torno de  $850\text{m}^3\text{ton}^{-1}$  no qual a  $\text{PH}_{\text{azul}}$  ( $465\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) correspondeu a mais de 50% da água total utilizada no desenvolvimento do cultivo. As médias obtidas por Bonfim (2017) para o coentro na região agreste de Sergipe mostrou que a  $\text{PH}_{\text{azul}}$  ( $290,88\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ )

correspondeu a 81% da água total do processo, destacando, que o uso das águas superficiais e subterrâneas para o cultivo agrícola por sistemas de irrigação podem trazer consequências para as fontes de água doce já que existem limites para o uso do fluxo hídrico. No cultivo da pimenta malagueta também no agreste sergipano foi possível observar a PHazul ( $320,7\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) é responsável pela maior PH do desenvolvimento deste cultivo, seguido da PHverde ( $73,23\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) e a PHcinza ( $5,17\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) para os anos de 2012, 2013 e 2014 (SILVA, 2018). Na cultura da batata doce no agreste sergipano a PHverde possui maior participação na água utilizada na região, nos anos 2010 ( $9885\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ), 2011 ( $10082\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ), em 2012 a PHazul ( $9233\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) se destacou no volume de água utilizada pela irrigação na região, o estudo no contemplou a PHcinza.

#### 4.3 Comparação das Pegadas Hídricas Totais para os anos de 2016, 2017 e 2018

A Figura 20 mostra os resultados totais das PH verde, azul e cinza da rizicultura no baixo São Francisco para os anos de 2016, 2017 e 2018. Comparando cada PH, se constata que a PHverde, PHazul, PHcinza e a Phtotal do processo do ano de 2016 apresentou os menores valores, quando comparados com os anos de 2017 e 2018. É provável que este acontecimento se deu em função da produção de arroz registrado neste ano, no qual, quanto maior a produtividade menor será a pegada hídrica.

**Figura 20.** Comparação entre os valores da Pegada Hídrica nos anos de 2016, 2017 e 2018 no perímetro irrigado Betume.



Sendo assim, é possível observar que durante o período de estudo nos anos de 2016 ( $127,41\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) e 2018 ( $211,96\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) a PHverde possui maior contribuição na média da pegada hídrica do processo, seguida pelas PHazul e a PHcinza. Pode-se atribuir o alto valor desta pegada ao tipo de agricultura irrigada na região onde a água das chuvas fica retidas no solo por mais tempo, sofrendo acréscimo pela água distribuída pelos canais de irrigação periodicamente. A PHazul para o ano de 2017 ( $225,08\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) se sobressaiu as médias dos outros anos sendo devido os meses de plantio do arroz no qual a precipitação foi baixa, aumentando o volume de água utilizada para a irrigação. Já a PHcinza manteve valores parecidos para os anos de 2017( $13,8\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) e 2018 ( $14,6\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) no qual a produtividade da cultura obtiveram desempenhos próximos.

O valor médio total encontrado da pegada hídrica da rizicultura foi de  $313\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ , PHverde, ( $146\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ), PHazul ( $153,76\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) e cinza ( $13,43\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ). Comparando este estudo com o dos autores Chapagain e Hoekstra (2010) é possível observar que a média da pegada hídrica  $\text{m}^3\text{ton}^{-1}$  para a rizicultura foram de PHverde ( $791\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ), PHazul ( $670\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) e PHcinza ( $61\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) sendo estes valores estimados pela região Sudeste, Sul e Centro-oeste entre os anos de 2000 à 2004. Assim como na literatura, a PHverde do presente estudo apresentou a maior participação no desenvolvimento da rizicultura, seguido pela PHazul e a PHcinza. Fica claro que a produtividade da cultura está diretamente ligada a quantidade de água utilizada no desenvolvimento, quanto maior a produtividade, melhor será a eficiência hídrica do cultivo e conseqüentemente menor será sua pegada hídrica.

#### **4.5 Análise do desempenho econômico da rizicultura do baixo São Francisco**

##### 4.6 Custos e rentabilidade da rizicultura

Na Região do perímetro irrigado Betume, em Neópolis no Estado de Sergipe, a rizicultura tem uma produtividade mensal média de 8.500 ha e produção média de 60 ha por lote de arroz irrigado nos 673 pequenos produtores, com uma área total de 2.566,54 ha.

As principais limitações enfrentadas por esses pequenos produtores e que afeta a produtividade da cultura do arroz são causados por pragas, a exemplo da lagarta, doenças como a brusone que é considerada a principal doença do arroz, a presença de animais como ratos e pássaros e por fim, a disponibilidade de água para distribuição entre os lotes da região.

A produção é feita através do sistema de irrigação e utiliza um alto nível de insumos para sua produção (operações agrícolas, fertilizantes, defensivos e a água utilizada). Os produtores fazem a contratação de mão-de-obra sazonal, mas também de mão-de-obra efetiva durante todo o processo de desenvolvimento da cultura. O processo de todo o ciclo produtivo do arroz está descrito na Figura 19, no qual apresenta todas as etapas de processo e produção.

**Figura 21.** Etapas de produção da cultura do arroz.



**Fonte:** Pesquisa de Campo, 2019.

Foram analisados os custos ocorridos durante o ciclo do cultivo do arroz no perímetro irrigado Betume no baixo são Francisco sergipano, esta análise foi feita através dos custos financeiros obtidos junto a CODEVASF, tendo assim todos os dados da atividade, considerando a produtividade do cultivo em uma área de 3,7 hectares.

De acordo com Thomaz et al. (2015) apurar o custo do produto é um aspecto importante em qualquer negócio no qual possibilita verificar se os recursos estão sendo utilizados de maneira adequada e se a atividade está sendo rentável. A análise por meio dos custos de produção é de grande auxílio para tomadas de decisões no ramo agrícola, contribuindo na redução da rentabilidade e competitividade.

O plantio do arroz ocorre entre os meses de setembro a janeiro, sendo que o tipo de semente utilizada foi a EPAGRI 109, esta semente possui uma boa qualidade dos grãos, alto potencial de produtividade, alta capacidade de perfilhamento e um ciclo longo, sendo muito cultivada na região e em outras localidades do Brasil. A colheita da produção acontece a partir do mês de fevereiro. Segundo Andrade e Neto (2015) o período ideal para o plantio é entre outubro e novembro, ou seja, a época de semeadura realizada pelos agricultores do Betume está ocorrendo no período correto para garantir uma alta produtividade.

Os custos contabilizados (Quadro 4) de todas as etapas evidenciaram um gasto total de 1.979,55 (um mil novecentos e setenta e nove reais e cinquenta e cinco centavos) no qual representou 68% do custo total, dessa porcentagem os insumos representam 56% e os outros 44% se dividem entre preparo do solo, tratamentos culturais e colheita.

**Quadro 4.** Planilha de custos da produção do arroz.

<b>Especificação</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Vr. Unit.</b>	<b>Vr. Total</b>
<b>1ª Parcela</b>				
<b>INSUMOS</b>				<b>756,48</b>
Sementes	100	Kg	2,70	270,00
NPK	200	Kg	1,50	300,00
Ureia	155	Kg	1,20	186,48
<b>PREPARO DO SOLO</b>				<b>456,76</b>
Corte e repasse	4	h/t	100,00	400,00
Recuperação de taipas	4	h/d	4,19	16,76
Plantio manual a lanço	8	h/d	5,00	40
<b>2ª Parcela</b>				
<b>INSUMOS</b>				<b>90,00</b>
Inseticida	1,0	L	70,00	70,00
Round up	1,0	L	20,00	20,00
Raticida	1,0	Kg		
<b>TRATOS CULTURAIS</b>				<b>51,31</b>
Limpeza das taipas e drenos	2	h/d	8,40	16,80
Aplicação de Adubo	4	h/d	4,19	16,76
Vigias de Pássaros	1	V/b	4,19	4,19
Aplicação de Defensivos	2	h/d	6,78	13,56
<b>3ª Parcela</b>				
<b>COLHEITA</b>				<b>625,00</b>
Colheita Mecânica	1	Vb	500,00	500,00
Água	1	Ha	125,00	125,00
<b>TOTAL</b>				<b>1.979,55</b>

**Fonte:** Pesquisa de campo (2019).

A região possui potencial para duas safras de arroz ao ano, no manejo do solo utiliza-se o N-P-K e a ureia que são fertilizantes recomendados pelos técnicos aos agricultores para o tratamento do solo. A aplicação de herbicidas e inseticidas é realizado manualmente pelos próprios agricultores ou através da contratação de terceiros, os tratos culturais também são realizados pelos agricultores, além disso ainda tem a contratação de mão-de-obra sazonal para espantar os pássaros e controlar infestações por ratos.

Para se obter uma maior precisão na rentabilidade do arroz para a região, considerou-se os custos operacionais efetivos para a produção de uma safra na região. Segundo a CODEVASF (2019) o Estado de Sergipe possui o menor valor de comercio do Brasil, sendo R\$ 0,71 (setenta e um centavos). Considerando que a produtividade média do lote experimental foi de 36.445 ha pode se analisar que a renda bruta da produção é de 25.875,45 (vinte e cinco mil e oitocentos e setenta e cinco e quarenta e cinco centavos) sendo a receita liquida bruta de 23.896,1 (vinte e três mil e oitocentos e noventa e seis e um centavo), tendo o custo de produção total de 1.979,55

(um mil novecentos e setenta e nove reais e cinquenta e cinco centavos), ou seja, o produtor consegue tirar por lote cerca de 22.293,98 (vinte e dois mil e duzentos e noventa e três e noventa e oito centavos) porém tem uma despesa total durante todo o ciclo de produção para um lote de 3,90 hectares de 7.978,2 (sete mil novecentos e setenta e oitos reais e dois centavos) com um lucro estimado em média de 14.139,99 (quatorze mil trezentos e quinze reais e setenta e oito centavos) por lote. Os valores podem ser observados respectivamente no Quadro 5.

**Quadro 5.** Valores da renda bruta, receita líquida, despesas totais do ciclo de produção e o lucro estimado por lote.

<b>Valores</b>	
Renda bruta	<b>25.875,45</b>
Receita líquida	<b>23.896,1</b>
Despesas totais do ciclo de produção	<b>7.978,2</b>
Lucro estimado por lote	<b>14,139.99</b>

Mesmo possuindo grande influência na produção do arroz do Nordeste, os rizicultores do perímetro irrigado Betume sofrem com a desvalorização monetária do kg de arroz produzido na região, tanto pela falta de autonomia no preço da venda quanto a falta de investimentos em locais armazenamentos adequados que contribua na valorização do valor e que os produtores possam competir de igual com outras regiões do país.

Sendo assim uma solução econômica para este cenário a adoção de medidas pelo governo estadual que proporcionem novas condições de rentabilidade e competitividade a nível nacional, seja por meio de redução de tributos, ou mesmo criando mecanismos que permita a manutenção de um mercado interno e externo rentável e competitivo (PLANETA ARROZ, 2011).

#### **4.6 Agricultura familiar e o uso de produtos agroquímicos (agroquímicos) no perímetro irrigado Betume**

O termo agricultura familiar começou a ser introduzido no Brasil a partir de textos acadêmicos juntamente com ações políticas dos agricultores e suas organizações representativas, sendo a partir da década de 1990 conceituada por propriedades que possuem menos de 100 hectares (SCHRODERM, 2010). Sendo assim, a agricultura familiar é um importante gerador de recursos financeiros para famílias com pouco poder aquisitivo, portanto,

o uso inadequado e desenfreado de agroquímicos corroboram com a descaracterização deste meio de produção agrícola, afetando diretamente a saúde dos trabalhadores (VIANA et al. 2017).

As condições sociais e econômicas de grande parte da população da rural aumentam a vulnerabilidade a frente do uso indiscriminado destes produtos, visando o aumento de produção sem se preocupar com os impactos diretos no meio ambiente como um todo, talvez pela falta de uma assistência que oriente e informe os riscos ao qual estão sendo expostos, é neste contexto que as análises referentes ao uso de produtos agroquímicos na rizicultura no perímetro irrigado Betume na cidade de Neópolis foram construídas.

#### **4.6.6 Caracterização social e econômica do rizicultor (a) no baixo São Francisco**

No total foram realizadas 6 viagens objetivando a aplicação das entrevistas semiestruturadas que totalizou 52 aplicações com os rizicultores no perímetro irrigado Betume, pertencente ao município de Neópolis - SE (Tabela 7) e a quantidade de entrevistados para a região está de acordo com a fórmula de Ribeiro (2014) que resultou em 61 entrevistas, mas levando em consideração que alguns rizicultores possuem mais que um lote para o cultivo do arroz.

Para a aplicação das entrevistas a pesquisa foi submetida e posteriormente aprovada pelo comitê de ética da Universidade Federal de Sergipe – UFS.

As abordagens foram feitas durante a entrega das sementes para a primeira safra de 2019, o perímetro é dividido em setores e a liberação ocorreu de forma progressiva entre os meses de agosto a setembro, ocorrendo atrasos devido ao grande volume de água das chuvas no mês de julho e agosto.

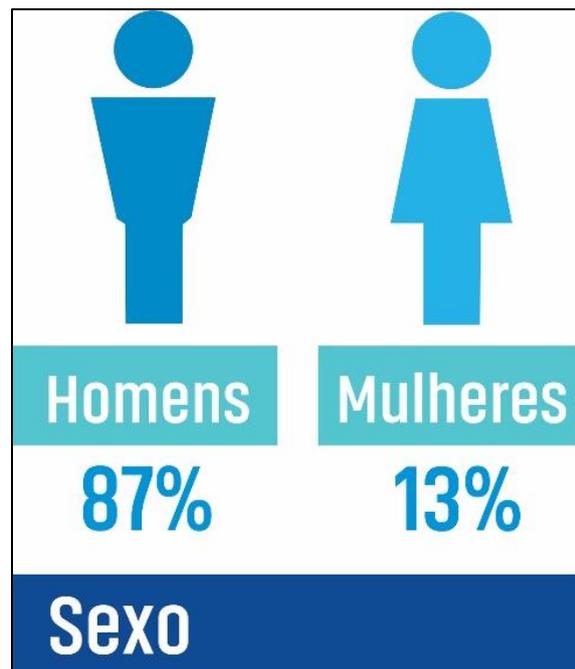
**Tabela 7.** Datas e quantidade de entrevistas aplicadas.

<b>AGOSTO 2019</b>	<b>QUANTIDADE</b>
06/08	9
15/08	13
17/08	3
19/08	5
20/08	11
21/08	7
22/08	4
	<b>52</b>

**Fonte:** Autor, 2019.

Os rizicultores (a) do baixo são Francisco em relação ao gênero no desenvolvimento da atividade estão divididos entre homens (87%) e mulheres (13%) (Figura 22), no qual a figura masculina domina a atividade. Segundo Bernardes (2017) esse aspecto se dá pelo homem culturalmente prover do sustento da casa, segundo a FAO (2015) esta configuração é predominante pois permeia o mito de que o trabalho dito “pesado” deve ser correspondente ao homem. Já para Santos (2016) no seu trabalho sobre a divisão sexual do trabalho na agricultura familiar discorre sobre a invisibilidade da mulher no campo, diferentemente do homem, elas possuem uma dupla jornada já que contribuem na manutenção constante do plantio. A ocorrência da “invisibilidade feminina” muitas vezes se dá pela falta de registros oficiais dessas mulheres no campo (FAO, 2015). Na pesquisa de Andrade (2016), realizado na rizicultura na foz do rio São Francisco no município de Ilha das Flores/ SE, 83% dos agricultores locais são do sexo masculino e apenas 11% do sexo feminino, corroborando com os resultados encontrados nesta pesquisa.

**Figura 22.** Porcentagem de rizicultores dividido em homens e mulheres.



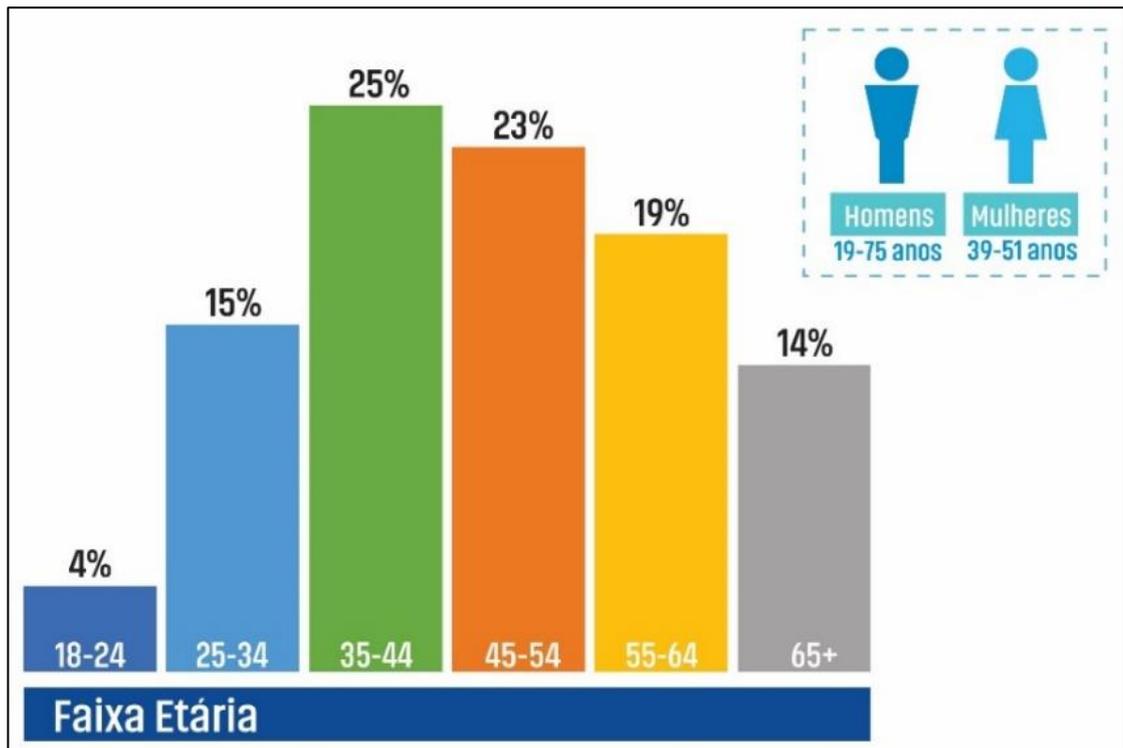
**Fonte:** Autor, 2019.

Ao analisarmos a faixa etária (Figura 23) dos agricultores locais foi possível identificar que 25% possuem mais de 35 anos, 23% tem de 45 a 54 anos, 19% entre 55-64 anos, 14% já são idosos com mais de 65 anos e apenas 4% são jovens-adultos com idades entre 18 e 24 anos. Corroborando com os resultados de Fischer e Winck (2016) feito em três municípios do interior

do Estado de Santa Catarina, um dado preocupante é que apenas 29% dos agricultores tem até 45 anos, podendo assim, trazer problemas em relação à sucessão familiar e continuidade desta atividade na região estudada.

Os homens possuem uma média de idade entre 19 a 75 anos, já as mulheres que possuem esta atividade como renda tem em média 39 a 51 anos.

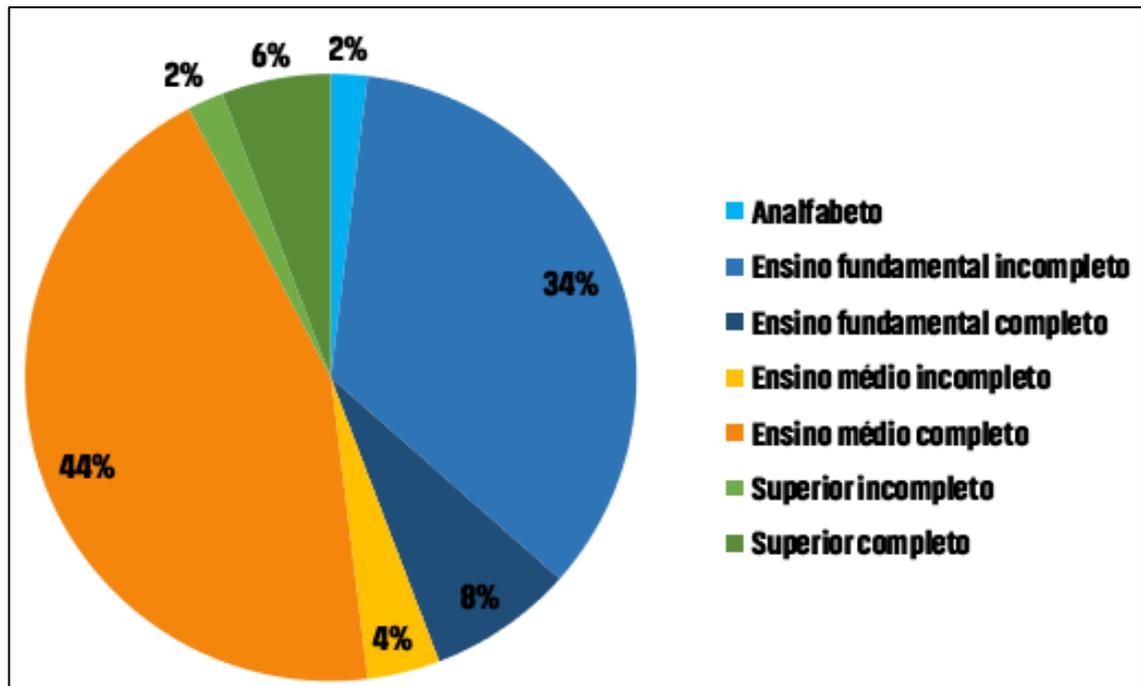
**Figura 23.** Faixa Etária dos agricultores da rizicultura do baixo são Francisco.



**Fonte:** Autor, 2019.

Conforme análise das respostas sobre o grau de escolaridade (Figura 24) é possível observar que 34% possuem o ensino médio completo. Confort et al. (2016) encontrou um alto índice de agricultores familiares com o ensino fundamental incompleto de um município do Espírito Santo. Resultados não muito diferentes do que foi encontrado por Bernardes (2017) no qual 88,57% dos agricultores possuem o ensino fundamental incompleto, 4,76% são analfabetos, 1,90% possui o ensino fundamental completo, 1,90% ensino médio completo e 2,86% o ensino médio incompleto. Nos resultados obtidos por Andrade (2016) com os rizicultores do município de Ilha das Flores/ SE, 47% possui fundamental completo, 28% ensino médio, 19% nunca frequentaram a escola, 6% não informou e 0% possui ensino superior.

**Figura 24.** Grau de escolaridade dos agricultores locais.

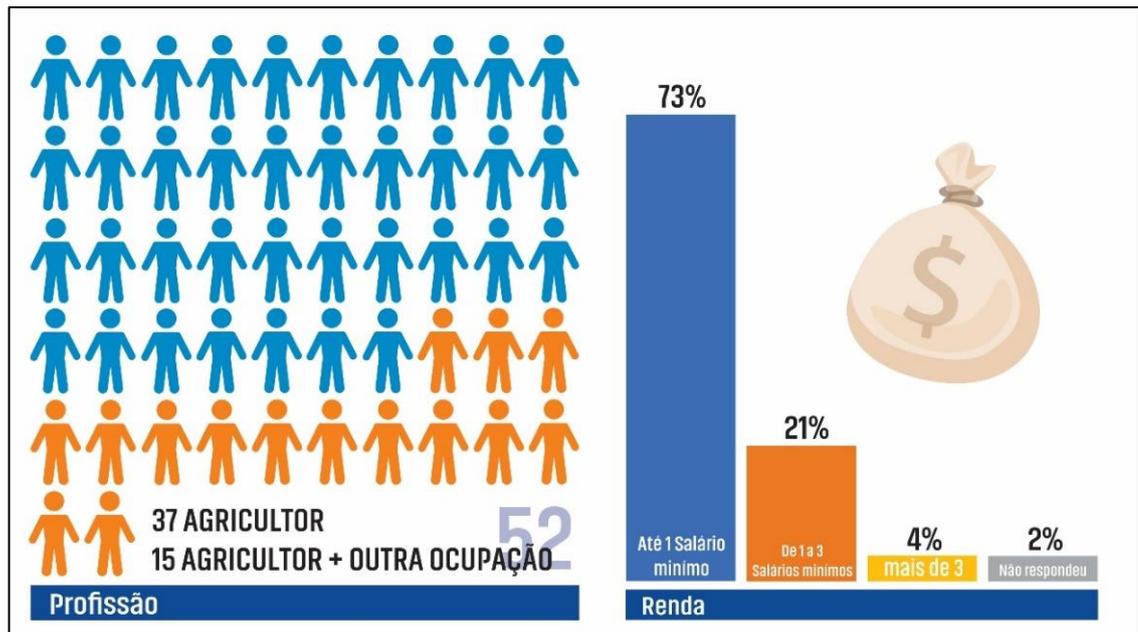


**Fonte:** Autor, 2019.

No perímetro irrigado Betume, 34% dos agricultores possuem o ensino médio completo, sendo um dado positivo, justificando-se pela localização da área do perímetro se encontra próximo a cidades, também pelo incentivo dos mais velhos para que os jovens prossigam com seus estudos. Sendo assim, 8% dos entrevistados possuem o ensino fundamental incompleto, 2% não teve acesso à educação básica, 4% não concluiu o ensino médio, 2% iniciou o ensino superior e não concluiu e diferente de outros estudos, 6% desta parcela de agricultores possui o ensino superior completo.

No perímetro irrigado Betume ainda é grande o número de agricultores que possuem apenas esta atividade como renda fixa, ficando expostos aos valores impostos por aqueles que detém de maior poder aquisitivo, porém esta porcentagem já vem sofrendo alterações, abrindo espaço para o exercício de outras atividades simultaneamente (Figura 25).

**Figura 25.** Profissão e renda dos agricultores locais.



**Fonte:** Autor, 2019.

Portanto, 73% agricultores familiares locais sobrevivem com a renda de apenas um salário mínimo, 21% de 1 a 3 salários e apenas 4% com mais de 3 salários, esta renda pode ser justificada pela falta de diversificação de produção da região, além do valor do arroz que é muito abaixo do valor de mercado se comparado com outras localidades, ainda assim existe muitos agricultores que possuem uma atividade por fora para complementar sua renda mensal, buscando alternativas externas, podendo ser exemplificada pela criação de peixe e a recente inserção da carcinicultura na região do baixo São Francisco. Na pesquisa de Andrade (2016) realizada também com rizicultores no município de Ilha das Flores/ SE, 48% dos entrevistados possuem renda familiar até um salário mínimo, 38% de 01 até 03 salários, 12% acima de 03 e 2% não informaram. Estes resultados apresentam diferenças nos valores das rendas dos agricultores mesmo os municípios e as áreas de cultivo sendo próximas.

No trabalho de Bezerra (2016) é possível observar que os agricultores não conseguem tirar seu sustento apenas da agricultura, o que leva a procura por fontes de renda externa, corroborando com os resultados obtidos aqui.

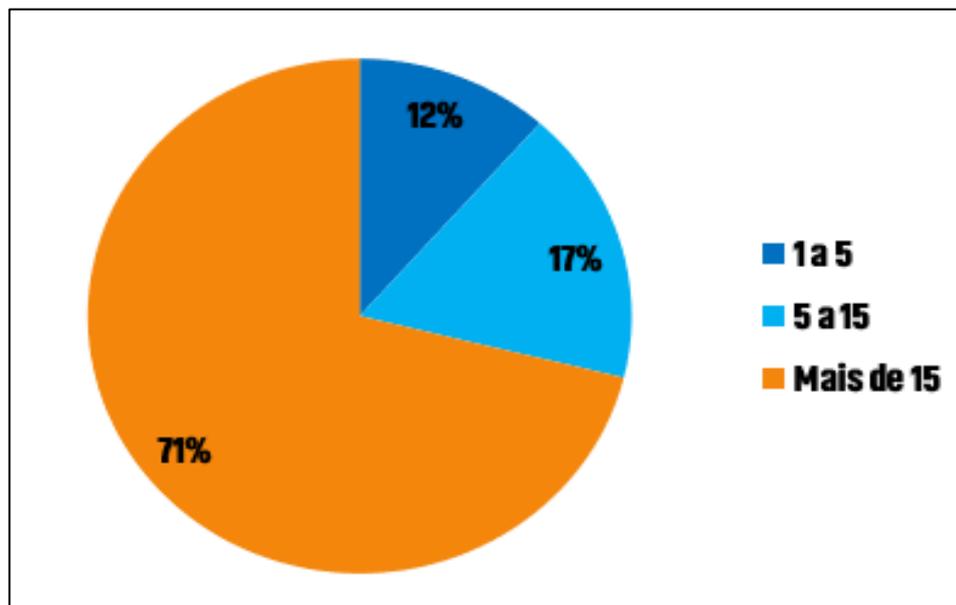
A falta de créditos bancários é também um dos grandes impasses para que o agricultor tenha autonomia na sua plantação e consiga aumentar sua renda consideravelmente, podendo dar valor ao arroz produzido nas propriedades e não somente aceitar os valores já pré-estabelecidos por terceiros.

#### 4.6.6 Utilização de produtos agroquímicos no cultivo do arroz do baixo São Francisco sergipano

O perímetro Betume teve sua construção iniciada em 1975, entrando em operação em 1977 no qual possui cerca de 2.860,80 há. A atividade desenvolvida nesta localidade desde sua implantação há 30 anos é a cultura do arroz irrigado (CODEVASF, 2005). Um dos fatores cruciais para um bom desempenho produtivo de qualquer processo operacional é que as pessoas envolvidas conheçam a fundo a cadeia produtiva, desde a entrada de insumos até a confecção do produto, destinação final e direcionamento dos resíduos (ANDRADE, 2016).

Sendo assim, para conhecer como é feita a utilização dos produtos agroquímicos pelos agricultores locais é preciso após a caracterização do perfil do rizicultor, conhecer quanto tempo de experiência agrícola eles possuem na área, este questionamento ficou dividido em três categorias no qual 71% dos entrevistados possuem mais de 15 anos de experiência, seguidos de 17% entre 5 a 15 anos e 12% de 1 a 5 anos (Figura 26). Como já foi discutido anteriormente, a baixa porcentagem de jovens nesta atividade compromete a longevidade da rizicultura no baixo são Francisco.

**Figura 26.** Tempo de experiência na rizicultura.



**Fonte:** Autor, 2019.

A utilização de produtos agroquímicos no meio rural brasileiro tem trazido grandes consequências, tanto para os trabalhadores rurais que estão em contato direto com estes

químicos, tanto para o meio ambiente como também aos consumidores de produtos provenientes destas plantações.

Quando questionados sobre o uso de produtos agroquímicos nas propriedades, 98% dos entrevistados responderam que utilizam algum tipo de produto no combate das pragas que aparecem ao desenvolver da cultura, apenas 2% afirmou que não usa (Tabela 8), os resultados obtidos aqui se assemelham aos encontrados por Castro e Confalonieri (2005) realizado no Município de Cachoeiras de Macacu (RJ), sendo que 92,5% utilizavam estes produtos e 7,5% não.

**Tabela 8.** Você utiliza produtos agroquímicos no manejo de pragas na cultura?

Uso de produtos agroquímicos	%
SIM	98%
NÃO	2%

**Fonte:** Autor, 2019.

Nos resultados obtidos por Pinheiro (2004) sobre a utilização dos agroquímicos no perímetro irrigado Califórnia no Estado de Sergipe, 98% dos agricultores locais confirmaram fazer uso destes produtos e apenas 2% disseram não utilizar, estes resultados reforçam os resultados aqui obtidos no qual as porcentagens se mostram semelhantes.

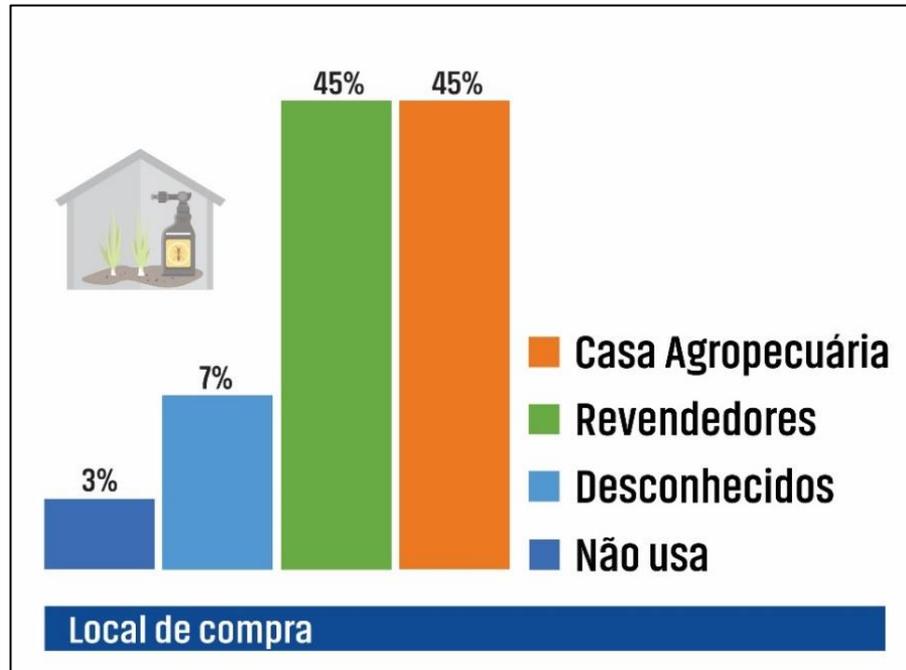
Apenas uma propriedade não utiliza estes produtos, segundo o proprietário o combate as pragas é realizada da seguinte maneira: *“faço uma reza no início do plantio e antes da colheita em pontos diferentes do meu lote”*, reza esta que é passada entre gerações onde só o homem pode realizar, a mulher fica responsável de repassar e ensinar este ritual para os filhos.

A comercialização destes produtos está amparada legalmente pela lei 7802/89 no qual dispõe sobre a pesquisa, experimentação, produção, embalagem e rotulagem, transporte, armazenamento, comercialização entre outros itens como inspeção e fiscalização (BRASIL, 1989). É importante que essa comercialização seja controlada, garantindo assim a segurança alimentar de consumidores dos vegetais que recebam dosagens destes produtos durante o seu desenvolvimento.

Em relação a procedência dos locais onde eram adquiridos os produtos agroquímicos, 45% dos entrevistados informaram ser nas casas agropecuárias, porém 45% disseram que adquirem através de revendedores externos, podendo ser indicados ou vendidos pelo

atravessadores que fazem a compra da produção, 7% informaram ser por desconhecidos e apenas 3% não realizada a compra destes produtos (Figura 27).

**Figura 27.** Local de compra dos produtos agroquímicos.



**Fonte:** Autor, 2019.

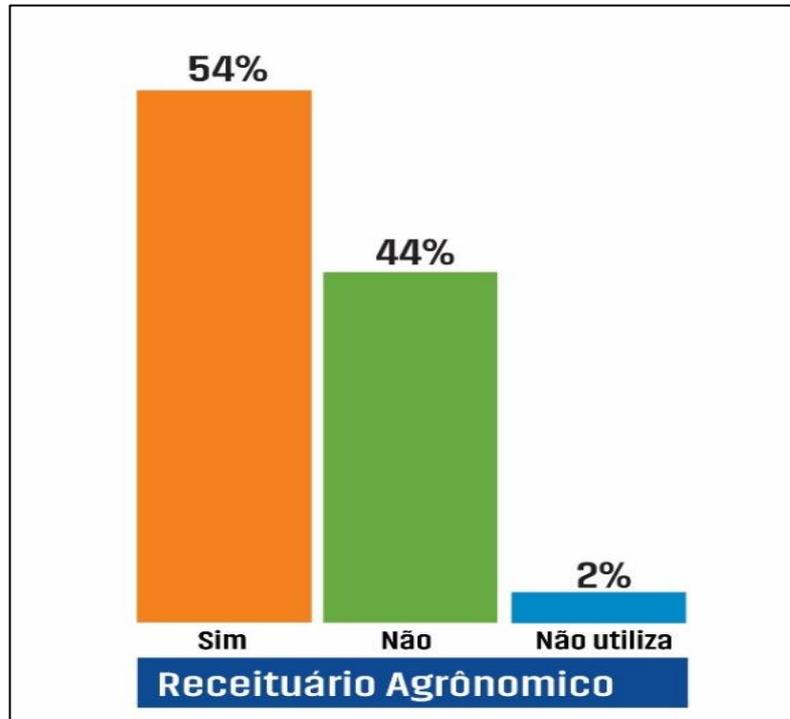
No trabalho feito por Corcino et al. (2019) sobre a saúde dos trabalhadores da fruticultura no vale do São Francisco, 82,9% dos entrevistados informaram que a compra era realizada em casas agropecuárias especializadas, apenas 17,1% dos participantes não sabiam o local de compra no qual se justificou pelo motivo de receber o produtor diretamente do empregador. Já no trabalho de Castro, Ferreira e Matos (2011), vinte dos trinta entrevistados relataram fazer a compra destes produtos nas casas agropecuárias e o restante ficou dividido entre conseguir em cooperativas (7), revendedores (1) e conseguir com o vizinho (2).

A receita ou receituário é uma prescrição e orientação técnica liberada por um profissional legalmente habilitado (Decreto Nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002), no qual todos os tipos de agroquímicos só poderão ser comercializados mediante a apresentação de um receituário próprio liberados por Engenheiros Agrônomos, Florestais e Técnicos agrícolas onde ficam responsável por sua emissão, nela deverá conter necessariamente toda a descrição do usuário comprador até as recomendações de uso (ALMEIDA, SOUSA E BARROS, 2015).

Quando questionados sobre o conhecimento do receituário agrônomo, 54% disse que sabem o que é e recebe no ato da compra dos produtos, 44% não sabe do que se trata e não

recebem na compra, apenas 2% não utilizam estes químicos, sendo assim, não conhecem sobre (Figura 28).

**Figura 28.** Conhecimento dos entrevistados sobre o receituário agrônômico.



**Fonte:** Autor, 2019.

Nos resultados obtidos por Isidro et al. (2017) demonstrou que existe sérias irregularidades na comercialização destes produtos na cidade de Congo na Paraíba, no qual 100% dos entrevistados não utilizam o receituário agrônômico na hora da compra dos produtos agroquímicos utilizados nas plantações. Já que não possuem este documento, a aplicação destes produtos é feita de maneira errada, prejudicando a saúde dos agricultores.

No estudo de Castro e Confalonieri (2005), 85% dos entrevistados disseram que não precisavam do receituário para comprar agroquímicos, independente da sua ação toxica, 5% possuíam a receita e 10% não responderam. Nas entrevistas realizadas por Silva et al., (2015) foi constatado que 92% dos agricultores de um município do Amapá adquirem os produtos em lojas agropecuárias sem qualquer exigência do receituário agrônômico demonstrando assim que a fiscalização agropecuária é ineficiente.

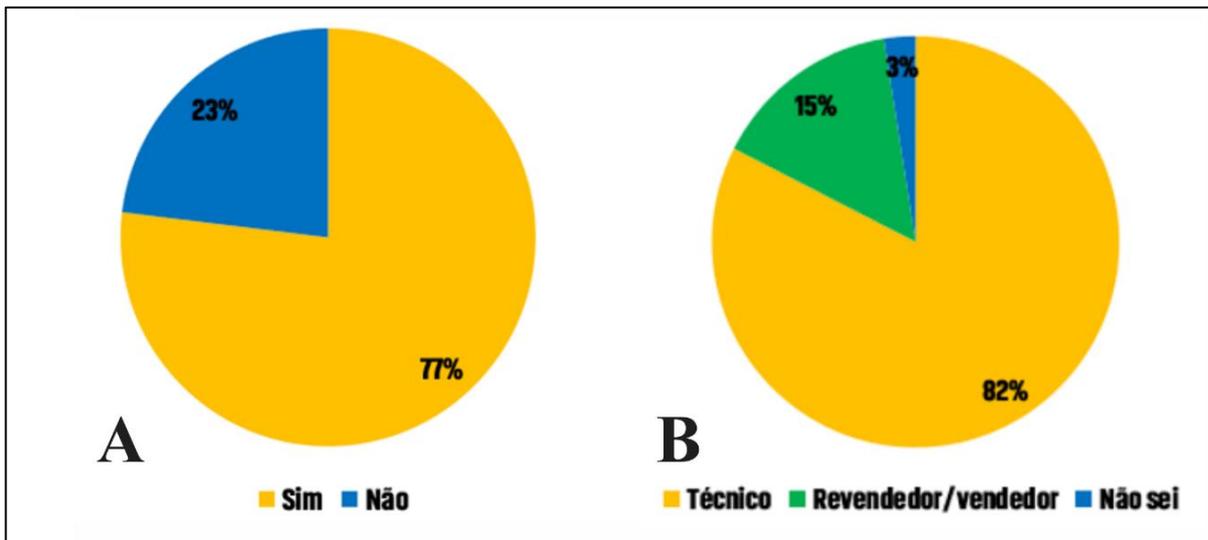
Existe um projeto de flexibilização das leis dos agroquímicos PL 3.200/2015 no qual preza apenas as questões econômicas do mercado produtor de agroquímicos no qual irá contribuir para maximizar os impactos socioambientais de curto, médio e longo prazos. Para minimizar o uso indiscriminados destes produtos é necessária uma fiscalização mais assídua

nos locais que comercializam assim como ações que visem a sensibilização do homem no campo, apresentando todos os riscos aos quais estão expostos.

Esta PL 3.300/2015 se configura como um retrocesso, suprimindo conceitos importantes da Lei nº 7.802/1989, vindo como uma manobra para fragilizar ainda mais a fiscalização e o registro do agroquímico mais utilizado no país, sendo a exposição humana a estes produtos um problema de saúde pública que sofrerá grandes agravos, ferindo a própria Constituição Federal, que estabelece o Estado como garantidor da redução do risco de doença e de outros agravos mediante políticas sociais e econômicas (ALMEIDA et al. 2017).

Quando perguntados sobre a existência de algum tipo de orientação técnica pertinente ao tipo de produtos agroquímicos na hora da compra (Figura 29.a) e quem orienta (Figura 29.b), 77% dos produtores rurais informaram que existe sim orientação, sendo 82% pelos técnicos do perímetro irrigado Betume, 15% pelos revendedores que não possuem capacidade técnica e nem legal para recomendar e orientar a compra deste tipo de produto, apenas 3% não soube responder. Sendo assim, 23% informaram não existir nenhum tipo de orientação na hora da compra e nem quem orientasse.

**Figura 29 a e b.** Existe algum tipo de orientação para a realização da compra? Se sim, quem orienta?



Fonte: Autor, 2019.

Assim como os resultados encontrados através de entrevistas com os agricultores do perímetro irrigado Betume. Nos resultados de Castro, Ferreira e Mattos (2011) sobre o uso de agroquímicos em um município do Ceará foi possível observar que a orientação de compra por

técnicos e agrônomos equivale a mais da metade dos entrevistados, corroborando com os resultados aqui encontrados.

Sendo assim, para a aquisição de agroquímicos é importante que o agricultor consulte um profissional habilitado e que esta recomendação tenha por base uma avaliação correta da necessidade dos produtos a ser indicado para o caso específico da plantação em função do problema detectado pelo profissional (ALMEIDA, SOUSA E BARROS, 2015).

As aplicações destes produtos numa plantação sinalizam a necessidade de uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) que são fundamentais na proteção dos aplicadores contra os efeitos tóxicos dos produtos que tem seu detalhamento no rótulo de cada substância por questão de segurança.

Sendo assim é importante saber se os produtores rurais daquela localidade conhecem e fazem o uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) nas atividades de manuseio e aplicação dos produtos agroquímicos (agroquímicos) nas plantações. Quando questionados se utilizam estes equipamentos e se o não uso pode prejudicar a saúde do trabalhador, 79% respondeu que sim, utiliza e conhece a importância destes equipamentos na proteção individual, porém 21% diz que não utiliza (Tabela 9) e citam as dificuldades devido à alta temperatura da região e a difícil mobilidade nos arrozais inundados.

**Tabela 9.** Respostas dos agricultores segundo o uso dos EPI's e se o não uso prejudica a saúde.

O não uso de EPI's pode prejudicar a saúde?	%
SIM	79%
NÃO	21%

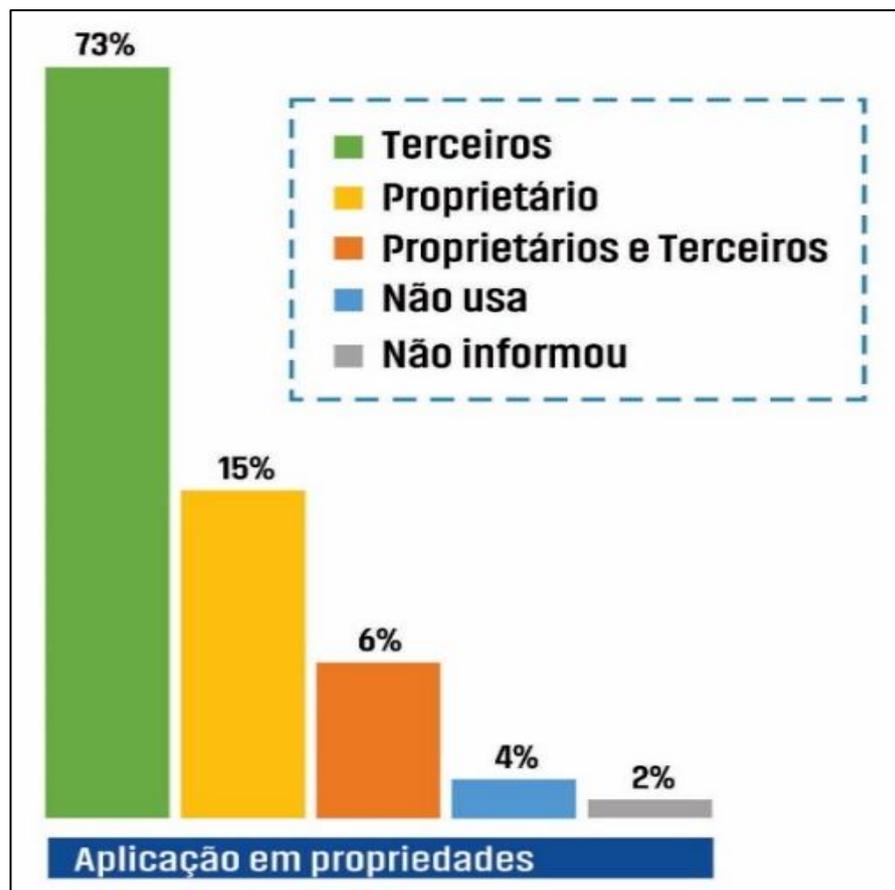
**Fonte:** Autor, 2019.

Apesar do número de agricultores que fazem o uso destes equipamentos a taxa de pessoas que não utilizam no perímetro irrigado Betume (21%) é preocupante, os mesmos ficam expostos a intoxicação por via oral, inalatória e cutânea onde muitos destes produtos são absorvidos pela pele, passando para a corrente sanguínea podendo levar a morte do indivíduo. Os resultados obtidos por Andrade (2016) também no baixo São Francisco demonstram que 64% dos entrevistados não fazem o uso do EPIs, 20% utiliza e 16% informaram que só usa as vezes.

Corroborando com os resultados de Viana et al. (2017), os trabalhadores justificam o não uso dos EPI's pela falta de recursos para a compra devido ao elevado custo e o baixo valor de mercado do arroz, assim como o desconforto térmico trazido pelo uso. Segundo Bernardes (2017) a maioria dos agricultores do município de Uberlândia (MG) não utilizavam estes equipamentos devido à falta de conhecimento técnico na aplicação destes químicos, trazendo para a realidade do Betume esta justificativa também se aplica já que existe apenas 3 técnicos e 1 engenheiro agrônomo para orientar os agricultores dos 673 lotes existentes na área, sendo necessário um trabalho de educação e sensibilização constante com estas pessoas.

Sobre quem faz a aplicação destes químicos nas propriedades os agricultores locais responderam que 73% é feita por terceiros, ou seja, pessoas contratadas para fazer apenas a aplicação durante a fase de desenvolvimento da cultura, 15% disseram que eles mesmo fazem a aplicação, 6% intercala entre aplicar e contratar alguém para realizar o trabalho, 4% não quis informar a procedência da aplicação e 2% não utiliza, sendo assim, não aplica (Figura 30).

**Figura 30.** Aplicação dos agroquímicos nas propriedades da rizicultura.



**Fonte:** Autor, 2019.

A principal justificativa dos agricultores que contratam pessoas para fazer a aplicação destes produtos é por “*não gosta de aplicar*”, muitos dessas pessoas que realizam a aplicação não gostam de usar os Equipamentos de Proteção Individual, segundo um dos entrevistados “*eu tenho esses equipamentos mas não querem usar*” citando que já foi “*multado*” pela fiscalização pela falta de uso dos EPI’s.

A contaminação por agroquímicos pode ocorrer tanto do contato com a pele, mucosas, respiração e por ingestão de alimentos expostos, exemplificado nos casos apresentados pelo Dossiê da Associação Brasileira de Saúde Coletiva – ABRASCO (CARNEIRO et al. 2012). E a intoxicação pode acontecer de diversas formas entre elas ocupacional, acidental ou intencional que abrange os casos de suicídio ou homicídios.

A relação entre o uso de agroquímicos e os casos de intoxicação no perímetro Irrigado Betume quando questionados, 87% afirmaram já ter ouvido falar sobre os casos e 55% já sofreu algum tipo de intoxicação devido a aplicação incorreta destes produtos relatando sintomas como “*coceira, queimação, cegueira, vômito, diarreia, problemas de visão, febre, dor de cabeça, falta de circulação sanguínea e oito caso de câncer*”.

A notificação por intoxicação de agrotóxico é compulsória e deve ser realizada respeitando a suspeita ou confirmação de alguma doença ou agravo, podendo ser feita pelos médicos ou outros profissionais da saúde e responsáveis pelos estabelecimentos de saúde públicos ou privados (BRASIL, 2016).

Nos resultados relativos à intoxicação encontrada por Soares, Freitas e Coutinho (2005) no município do Rio de Janeiro, dentro dos 152 agricultores que trabalham manipulando estes produtos, 85,53% não sofreram com intoxicações, 9,87% admitiram ter se intoxicado apenas uma vez. No estudo de Faria, Fassa e Tomasi (2004) em dois municípios na Serra Gaúcha dentre os entrevistados, 12% relataram pelo menos um episódio de intoxicação ao longo da vida, 58% dos diagnósticos foi feito por médicos, sendo que 36% os próprios entrevistados se auto diagnosticaram e 6% dos casos por outras pessoas. Os resultados obtidos nesta pesquisa podem ser observados abaixo na Tabela 10.

**Tabela 10.** Sobre os casos de intoxicação no perímetro irrigado Betume.

<b>Já ouviu falar de casos de intoxicação devido aplicação incorreta destes produtos?</b>	<b>%</b>
SIM	87%
NÃO	13%

Se sim, conhece alguém que foi contaminado?	
CONHEÇO	55%
NÃO CONHEÇO	45%

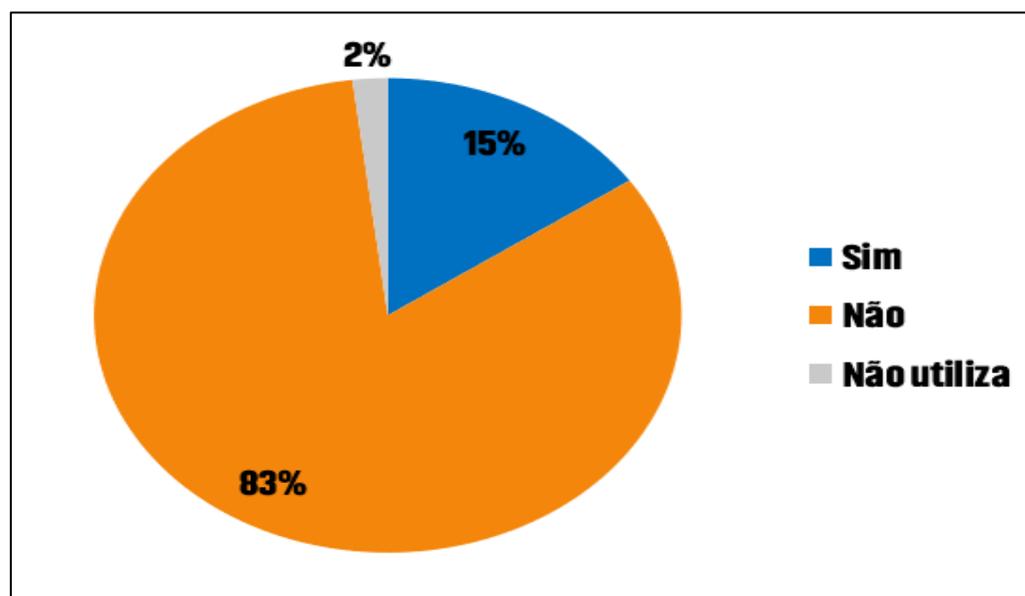
**Fonte:** Autor, 2019.

Foi a partir da década de 60 que os defensivos agrícolas passaram a ser utilizados em larga escala no Brasil, criando assim um conjunto de leis que buscou a regulamentação da atividade e sua aplicação, porém não dispunha sobre a destinação das embalagens pós consumo tendo seu descarte realizado em locais impróprios que ocasiona a poluição do meio ambiente (COSTA et al. 2019).

Para gerenciar o sistema de devolução das embalagens vazias de agroquímicos as empresas fabricantes se uniram e fundaram o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV), fundado em 2001 e iniciando suas atividades em 2002, atualmente possui 110 centrais e 301 postos de recebimento de embalagens vazias, no Estado de Sergipe o INPeV possui uma central na cidade de Ribeirópolis e realizam o trabalho de logística reversa com essas embalagens (INPEV, 2018).

Quando questionados sobre os pontos de recolhimento de embalagens vazias no município de Neópolis, 83% afirmaram não existirem e 15% disseram existir pontos de recolhimento, porém não especificaram o local e 2% não fazem uso dos produtos (Figura 31).

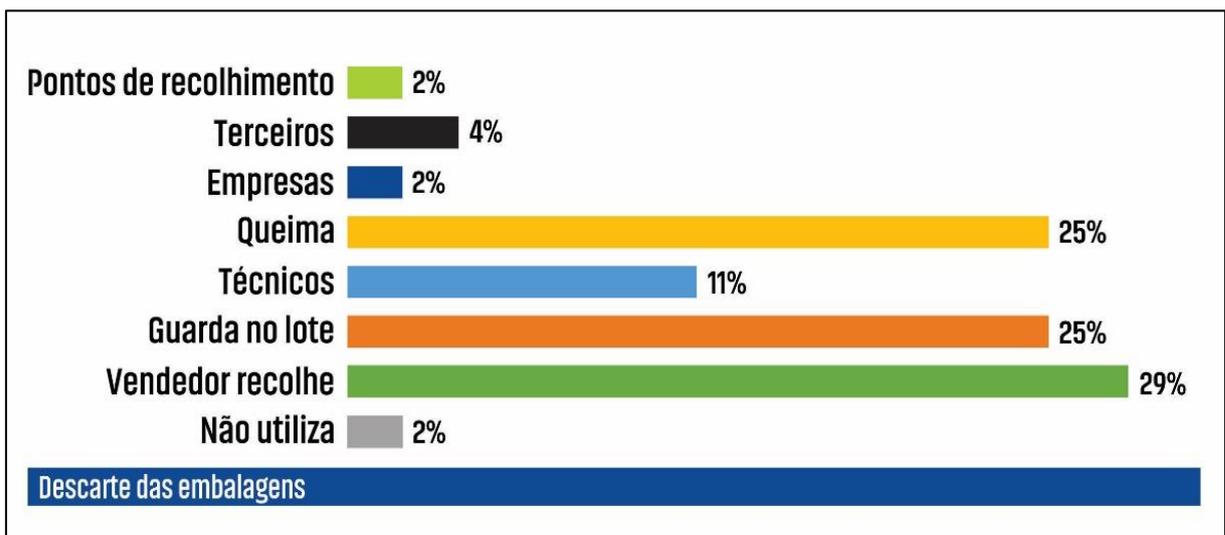
**Figura 31.** Questionamento sobre pontos de recolhimento de embalagens vazias.



**Fonte:** Autor, 2019.

O descarte das embalagens vazias dos produtos agroquímicos utilizados nas plantações deve ser realizado de acordo com o que está disposto na legislação, ainda assim o descarte indevido é realizado e resulta em sérios danos ao homem, animais e meio ambiente. Na região do perímetro irrigado Betume as embalagens vazias tomam diferentes rumos no seu descarte final (Figura 32).

**Figura 32.** Destinação final dos produtos agroquímicos por agricultores do perímetro irrigado Betume.



**Fonte:** Autor, 2019.

A partir dos resultados obtidos foi possível observar que 29% dos agricultores entrevistados, 50 % queimam e guardam as embalagens no próprio lote, este tipo de prática contribui para a poluição do solo assim como os lençóis freáticos próximos as superfícies, 11% entregam aos técnicos da CODEVASF, 4% são recolhidos por terceiros que segundo os agricultores utilizam para “pesca” e “guardar água para beber”, e os outros 6% são distribuídos entre pontos de recolhimentos que não foram especificados, possíveis empresas que recolhem e o não uso destes químicos. O único cuidado citado pelos entrevistados era a “lavagem das embalagens” e o “ensacamento em sacolas plásticas”

No trabalho de Corcino et al. (2019) na avaliação do efeito do uso de agroquímicos sobre a saúde de trabalhadores rurais da fruticultura irrigada do vale do São Francisco pode-se constatar que os trabalhadores rurais daquela região adquiriram um nível de conscientização ao longo dos anos a respeito do descarte correto das embalagens vazias onde 47,2% são conservadas em sacos plásticos e armazenadas em depósito coberto e distante da residência, conforme preconizado em legislação vigente, e por 52,8% a céu aberto em algum local da

propriedade, antes do recolhimento pela Associação do Comércio Agropecuário do Vale do São Francisco (ACAVASF), sendo está a maneira correta segundo a legislação vigente. De acordo com resultados de Andrade (2016) obtidos junto aos rizicultores do baixo São Francisco residentes da cidade de Ilha das Flores/SE, 72% do lixo depositado nos lotes são retirados pelos próprios produtores, 16% enterra e 12% jogam in natura próximo a áreas de atividade produtiva.

Já os resultados obtidos por Castro, Ferreira e Mattos (2011) se aproximaram com os encontrados no perímetro irrigado Betume no qual os agricultores faziam o armazenamento dos produtos dentro do lote junto com outros materiais, queimavam e também enterravam dentro da sua propriedade.

Na Tabela 11 é possível observar as respostas de quando os rizicultores foram questionados sobre a diminuição do uso destes produtos, 87% citaram que é importante diminuir porque contamina a água, sendo este um dos principais problemas que o perímetro vem enfrentando nos últimos anos, o ar, o solo e o meio ambiente. Ainda assim, 13% disseram que o uso destes defensivos agrícolas não impacta, sendo importante para o desenvolvimento do arroz, por isso não é necessário a diminuição já que sem a produção seria prejudicada.

**Tabela 11.** Importância na diminuição de produtos agroquímicos utilizados.

<b>É importante a diminuição do uso destes produtos?</b>	<b>%</b>
SIM	87%
NÃO	13%

**Fonte:** Autor, 2019.

Nos cultivos de monoculturas, como a exemplo do arroz, a contaminação das águas subterrâneas pelo uso frequente de agroquímicos ocorre de forma difusa o que dificulta sua identificação e controle (RIBEIRO, 2007). Sabendo a importância dos recursos hídricos para o desenvolvimento desta atividade foi feita então o questionamento sobre como a utilização destes produtos podem contaminar o arroz em desenvolvimento e o meio ambiente. Na tabela 12, é possível observar que 63% dos agricultores acreditam que estes produtos afetam diretamente o desenvolvimento do arroz e o meio ambiente, segundo alguns entrevistados “*estamos comendo veneno*”, já 37% falaram que não, só afeta se “*aplicar demais ou errado*”.

**Tabela 12.** Os agroquímicos podem contaminar o arroz em desenvolvimento e o meio ambiente?

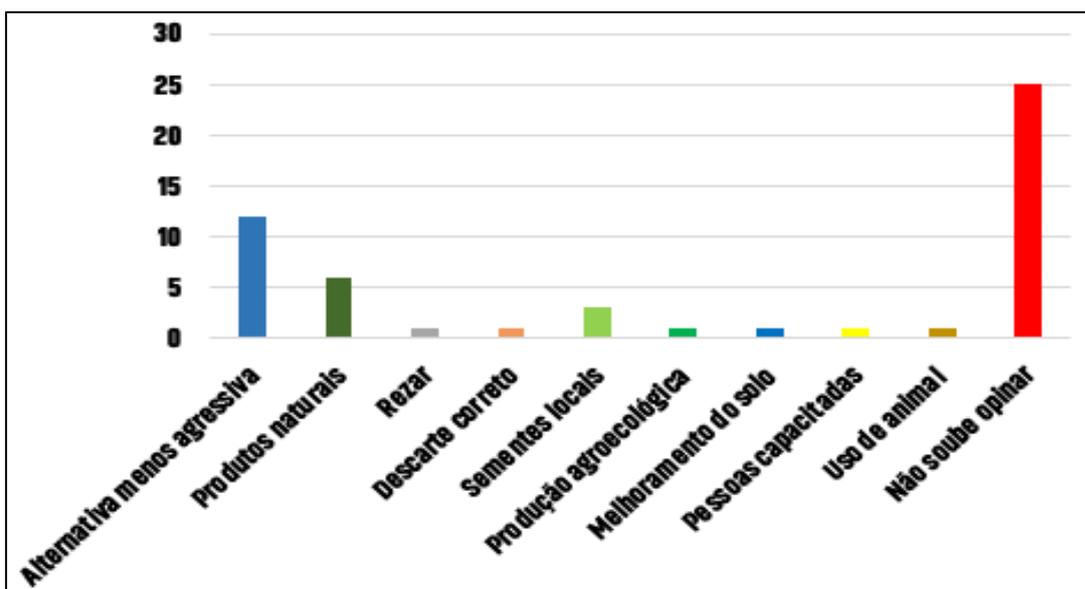
Podem contaminar o arroz em desenvolvimento e o meio ambiente?	%
SIM	63%
NÃO	37%

**Fonte:** Autor, 2019.

Britto (2015) no seu trabalho sobre o risco de contaminação hídrica por agroquímicos no perímetro irrigado Betume identificou 19 princípios ativos, compreendendo 19 marcas comerciais e distribuído ao longo de 19 grupos químicos diferentes no qual são originários da aplicação dos agroquímicos que tem como objetivo manter a produtividade da rizicultura irrigada. Sendo assim, a longo prazo a atividade chegará a ser afetada já que grande parte destes químicos afetam diretamente o solo e seus componentes.

Quando questionados sobre o que poderia ser feito para contribuir na redução da quantidade de produtos agroquímicos (agroquímicos) aplicados nas plantações grande parte dos entrevistados não souberam opinar sobre, outros citaram que seria bom uma alternativa menos agressiva e também que o uso de produtos naturais poderiam ser uma saída para a redução, outras alternativas foram citadas e podem ser conferidas na Figura 33.

**Figura 33.** Alternativas citadas pelos agricultores como contribuição para a redução do uso de agroquímicos nos campos.



**Fonte:** Autor, 2019.

Uma das alternativas para a redução de agroquímicos e incentivo para a preservação do meio ambiente que vem se destacando consiste em um sistema agroecológico, onde vários aspectos são observados entre as relações das espécies de vegetais e animais para que a partir desta dinâmica se estabeleça métodos de produtividade sem agressão aos ecossistemas (SANTOS E OLIVEIRA, 2015).

No perímetro irrigado Betume já existe agricultores preocupados com o futuro da atividade e como o uso intensivo desses sintéticos agrediram e agridem o meio ambiente, existe lotes que iniciaram o experimento do cultivo agroecológico, sem o uso de defensivos agrícolas, ainda não se sabe se a produtividade será mantida no mesmo nível dos que utilizam, porém esta iniciativa abre caminho para que mais à frente outros agricultores consigam diminuir o uso destes agroquímicos e o arroz na região seja cultivado de maneira mais sustentável e saudável.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que um dos maiores desafios nos sistemas de gerenciamento e gestão da água são pautados em práticas que promovam a eficiência, garantindo o uso sustentável deste recurso, os indicadores de uso dos recursos hídricos se tornam fundamentais. Em meio aos atuais cenários de escassez no mundo, a Pegada Hídrica vem se destacando no que diz respeito ao uso da água por medir sua utilização na produção de bens e serviços considerando seu uso e sua contaminação em toda cadeia produtiva. Tendo seu conceito criado em 2002, o mesmo visa possibilitar uma melhor gestão dos recursos hídricos a nível regional e global.

Diante dos resultados obtidos quanto a contabilização da pegada hídrica azul, verde e cinza da rizicultura do baixo São Francisco permite-se concluir que o valor estimado para a PH no baixo São Francisco de 2016 a 2018 ficou em média de  $325\text{m}^3\text{ton}^{-1}$  no total,  $156,14\text{ m}^3\text{ton}^{-1}$  para a PHverde,  $155,18\text{m}^3\text{ton}^{-1}$  na PHazul e  $13,69\text{m}^3\text{ton}^{-1}$  na PHcinza. Concluindo que quanto maior a produtividade da cultura menor será o consumo de água no qual ficou claro neste estudo quando comparado os valores da PHtotal dos anos de 2016 ( $248,46\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) com 2017 ( $340,07\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ ) e 2018 ( $352,88\text{ m}^3\text{ton}^{-1}$ ) respectivamente.

A pegada hídrica verde do processo da rizicultura se destacou sendo responsável por 51% (2016) e 60% (2018) de toda água utilizada no desenvolvimento do arroz, apresentando valor inverso apenas para o ano de 2017 (34%) A maior PHazul entre os anos foi para 2017 (67%), justificada pela baixa média da precipitação pluviométrica (2016 e 2018) sendo necessário o incremento da irrigação para suprir a necessidade hídrica do arroz.

A PHcinza é importante no processo já que indica o grau de poluição de água doce estando associada neste estudo a todo o processo de desenvolvimento da cultura do arroz na região, estimando o volume necessário para assimilar as cargas poluentes tendo como base as concentrações naturais do ambiente aquático no qual está inserido. A PHcinza para a região não sofreu grande variação entre os anos, porém demonstra um crescimento ao longo dos anos, contabilizando 5% (2016) e 4% (2017 e 2018) de toda água utilizada para o arroz.

A partir dos resultados das entrevistas aplicadas junto com os rizicultores do baixo São Francisco, mais precisamente no perímetro irrigado Betume, ficou evidente a falta de instruções, o baixo nível educacional da grande maioria dos trabalhadores rurais é um agravante que mostra a necessidade de intervenções dos órgãos competentes para orientar no uso destes produtos, partindo de sua compra, aplicação e destinação final, visando minimizar os efeitos

destes químicos no meio ambiente e na saúde dos homens e mulheres do campo, promovendo também a sustentabilidade ao optar pelo uso de produtos orgânicos.

Este estudo evidenciou que os rizicultores do perímetro irrigado Betume enfrentam limitações econômicas, já que a desvalorização monetária do arroz produzido na região afeta diretamente a qualidade de vida, sendo assim, a expectativa é que estes resultados contribuam para futuros investimentos que visem a valorização, gerando maiores lucros e consequentemente melhores condições para os agricultores que dependem desta atividade para seu sustento.

Portanto, a avaliação da PH é uma ferramenta que contribui para compreender e elaborar ações que visem diminuir os impactos ocasionados na água doce mundial, visando contornar os efeitos da escassez hídrica, abrindo possibilidades para uma gestão mais adequada. Já o uso de produtos agroquímicos sem orientação afeta diretamente a qualidade dos corpos hídricos locais assim como a saúde do trabalhador ligado a esta atividade, como também seus consumidores sendo os valores dos custos da produção do arroz na região uma das principais reclamações dos rizicultores locais, necessitando de investimentos por parte do governo para dar a esses trabalhadores a autonomia necessária para negociar e gerar maiores lucros no repasse final dos hectares colhidos. Por fim, a pesquisa desenvolvida abre possibilidades para novas investigações científicas no perímetro irrigado Betume, esta dissertação serve como ponto de reflexão sobre a sustentabilidade da rizicultura no baixo São Francisco e seus aspectos ambientais, sociais e econômicos.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINETTO, D.; PUCHALSKI, L.E.A.; AZEVEDO, R.; Storch, G.; BEZERRA, A.J.A.; Grützmacher, A.D. Utilização de equipamentos de proteção individual e intoxicações por agroquímicos entre fumicultores do município de Pelotas-RS. **Pesticidas Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.8, p.45-56, 1998.

AGUIAR NETTO, A. O., MENDONÇA FILHO, C. J. M., ROCHA, J.C.S. **Águas de Sergipe: reflexões sobre cenários e limitações** In: Meio Ambiente: distintos olhares. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2010, p. 39-70.

ALCAMO, Joseph *et al.* Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. **Island Press**, Washington, DC, USA, 2003.

ALDAYA, M. M.; MUÑOZ, G.; HOEKSTRA, A. Y. **Water footprint of cotton, wheat and rice production in Central Asia**. UNESCO-IHE, 2010.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S., RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

ALMEIDA, M. D., CAVENDISH, T. A., BUENO, P. C., ERVILHA, I. C., GREGÓRIO, L. D. S., KANASHIRO, N. B. D. O., CARMO, T. F. M. D. A flexibilização da legislação brasileira de agroquímicos e os riscos à saúde humana: análise do Projeto de Lei nº 3.200/2015. **Cadernos de Saúde Pública**, p.33, 2017.

ANDRADE, C. B.; **Diagnostico da rizicultura na foz do rio São Francisco sob a perspectiva de um modelo sustentável de gestão**. 159f. Tese de Doutorado (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal de Sergipe, 2016.

ANDRADE, W. E. B.; NETO, S. A.; Avaliação da cultivar de arroz EPAGRI 109 em unidades demonstrativas no Norte, Noroeste e baixadas litorâneas do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Informação Tecnológica**, nº 60, Niterói – RJ, 2015.

AZAMBUJA, I.H.V. et al. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES Jr, A.M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2004. p.23-44.

BARATA, T. S.; **Caracterização do consumo de arroz no Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, XLIII. 2005.

BARBOSA, F. C.; SANTOS, A. T.; GONDIM, R. S.; Espacialização da evapotranspiração de referência e precipitação efetiva para estimativa das necessidades de irrigação na região do Baixo Jaguaribe-CE. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 36, n. 1, p. 24-33, 2005.

BARRETO, N. B.; SILVA, A. A. G.; BOLFE, L. E. **Irrigação e Drenagem na empresa agrícola - impacto ambiental versus sustentabilidade**. Aracaju: Embrapa. 2004. 418p.

BARROS, L.C.G., SILVA, F.G. da; CASTRO A.L. **Sistemas intensivos de produção de arroz no Baixo São Francisco**. In: Conferência Internacional de Arroz para a América Latina e o Caribe, 9., 1994, Goiânia: EMBRAPA-CNPAFAPA, 1995. V.1.

BAYER, T., ARRUE, A., COSTA, I. F. D., LENZ, G., CORADINI, C., SARI, B. G., & PES, M. P. (2012). Aplicação aérea de fungicidas na cultura do arroz irrigado com diferentes bicos de pulverização. **Ciência Rural**, 42(12), 2185-2191.

BERNARDES, A. L. F.; et al. **O uso do agrotóxico na agricultura familiar: saúde do trabalhador rural no Município de Uberlândia (MG)**. 81f. Dissertação (Mestrado Profissional em Saúde Ambiental e do Trabalhador) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2017.

BERNARDO, S.; Produção Agrícola e uso da água. In: GOMES, M.A.F; PESSOA, M.C.P.Y. **Planejamento ambiental do espaço rural com ênfase para microbacias hidrográficas: manejos de recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, C. E.; **Manual de Irrigação**. 8ªed. Ed. UFV, Viçosa, 2006.

BEZERRA, Gleicy Jardi; SCHLINDWEIN, Madalena Maria. Agricultura familiar como geração de renda e desenvolvimento local: uma análise para Dourados, MS, Brasil. **Interações (Campo Grande)**, v. 18, n. 1, p. 3-15, 2017.

BISCARO, G. A. Meteorologia agrícola básica, 1ª edição. **UNIGRAF-Gráfica e Editora União Ltda. Cassilândia-Mato Grosso do Sul**, 2007.

BLENINGER, T; KOTSUKA, K. L.; Conceitos de Água Virtual e Pegada Hídrica: estudo de caso da soja e óleo de soja no Brasil. **Recursos Hídricos**, v. 36, n. 1, 2015.

BOMBARDI, L; M.; Agroquímicos e agronegócio: arcaico e moderno se fundem no campo brasileiro. In: T. M; M. L. M.; (Org.). **Direitos Humanos no Brasil - 2012**. 1ed.São Paulo: Rede Social de Justiça e Direitos Humanos, 2012, v. 1, p. 75-86.

BOMFIM, J. M. F.; **Pegada hídrica e desempenho econômico da cultura do coentro (*Coriandrum sativum* L.) no agreste sergipano**. 80f. Dissertação (Mestrado e Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE, 2017.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A.; A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p 143-145, 1997.

BRASIL. Lei Federal Nº 7.802 de 11 de julho de 1989. **Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos de embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agroquímicos, seus componentes e afins**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999: **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, v. 79, 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Relatório Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agroquímicos**. Brasília: Ministério da Saúde; 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, **Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco**. Brasília, 2006.

BRASIL. **Portaria nº 204, de 17 de fevereiro de 2016. Define a Lista Nacional de Notificação Compulsória de doenças, agravos e eventos de saúde pública nos serviços de saúde públicos e privados em todo o território nacional, nos termos do anexo, e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 32, 19 fev. 2016l. Seção 1, p. 23-24.

BRASIL. Resolução n.º 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n.º 357**, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. *Diário Oficial da União*. 2011.

BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P.; Ganho de produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 399-407, 1999.

BRITTO, F. B.; **Monitoramento e modelagem da qualidade da água e agroquímicos em corpos hídricos no Baixo São Francisco sergipano.** 165f. Tese de Doutorado (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal de Sergipe, 2015.

CAMPAGNOLLA, C.; BETTIOL, W.; **Métodos alternativos de controle fitossanitário.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003.

CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W.; **Panorama sobre o uso de agroquímicos no Brasil.** Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico (ALICE), 2002.

CARDOSO, F. D. P.; ALMEIDA, M. C; RIBEIRO, R. O.; VIANA, S. F. R. V.; MARQUES, E. E.; SOUZA, L. B.; Expansão recente da fronteira agrícola e o consumo de produtos agroquímicos: Indicadores e possíveis impactos na saúde do trabalhador do campo em Porto Nacional -Tocantins. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 9, n. 3, p. 37-59, 2017.

CARNEIRO, F. F.; AUGUSTO, L. G. S.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A. C.; (Org.) Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agroquímicos na saúde, Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: **Expressão Popular**, 2015.

CASADO, A. P. B.; HOLANDA, F. S. R.; ARAÚJO FILHO, F. A. G.; YAGUIU, P. BANK erosion evolution in São Francisco River. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.231-239, 2002.

CASTRO, E. M.; VIEIRA, N.R. A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. **Qualidade de grãos em arroz.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 30p.,1999

CASTRO, J. S. M.; CONFALONIERI, U. Uso de agroquímicos no Município de Cachoeiras de Macacu (RJ). **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, p. 473-482, 2005.

CASTRO, M. G. G. M.; FERREIRA, A. P.; MATTOS, I. E. Uso de agroquímicos em assentamentos de reforma agrária no Município de Russas (Ceará, Brasil): um estudo de caso. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 20, n. 2, p. 245-254, 2011.

CHAPAGAIN, A; TICKNER, D. Pegada Hídrica: evolução do conceito e sua utilidade na prática. In: EMPINOTI, V; JACOBI, P.R.(Org.). **Pegada Hídrica: inovação, corresponsabilização e os desafios de sua aplicação.** São Paulo: Annablume, 2012.

CLEMENTE, T. S F.; **Pegada hídrica da microrregião do Cariri Ocidental-PB.** 27f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ecologia) – Universidade Federal da Paraíba, Rio Tinto/PB, 2018.

CODEVASF, **Companhia de Desenvolvimento dos Vales São Francisco e Parnaíba** (CODEVASF). 2014. Disponível em: [http://www.codevasaf.se.gov.br/principal/perímetros-irrigados/elenco de projetos/Betume](http://www.codevasaf.se.gov.br/principal/perímetros-irrigados/elenco_de_projetos/Betume). Acessado em 10 de novembro de 2018

CODEVASF. **Diagnóstico ambiental dos perímetros irrigados da CODEVASAF**. 4ª Superintendência regional. 2005.

CONFORT, A. M. Á. S.; et al. Perfil Socioeconômico de Agricultores Familiares do Município de Muniz Freire, Espírito Santo. **Revista Guará**, v. 1, n. 5, 2016.

CORCINO, C. O., TELES, R. B. D. A., ALMEIDA, J. R. G. D. S., LIRANI, L. D. S., ARAÚJO, C. R. M., GONSALVES, A. D. A., & MAIA, G. L. D. A. (2019). Avaliação do efeito do uso de agroquímicos sobre a saúde de trabalhadores rurais da fruticultura irrigada. **Ciência & Saúde Coletiva**, 24, 3117-3128.

COSTA, J. F., SANTOS, M. A. S., REBELLO, F. K., MARTINS, C. M., JARDINA, L. L., & SOUZA, C. C. F. (2019). LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS DE AGROQUÍMICOS NO BRASIL. **Atas de Saúde Ambiental-ASA**, 7(1), 2019.

CREPALDI, S. A.; **Contabilidade gerencial: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 1998.

CUNHA, A. L.; **Aspectos metodológicos do processo de enquadramento dos corpos de água da bacia hidrográfica do Rio Piracicaba**. 2013. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

DIAS, A. A. S.; DIAS, M. A. A. O.; Educação ambiental. **Revista de Direitos Difusos**, v. 68, n. 1, p. 161-178, 2017.

DIAS, N. S.; SILVA, M. R. F., GHEYL, H. R.; **Recursos Hídricos: usos e manejos**. V. 1, p.152, 2012.

DOORENBOS, J. AND PRUITT, W.O. (1977) **Crop Water Requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome, 144 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Manual de métodos de pesquisa em arroz**. Santo Antônio de Goiás, 1977. 108 p.

EMPINOTTI, V. L.; JACOBI, P. R.; Novas práticas de governança da água? O uso da pegada hídrica e a transformação das relações entre o setor privado, organizações ambientais e agências internacionais de desenvolvimento. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 27, 2013.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **CROPWAT 8.0 model, Food and Agriculture Organization**. Roma, Itália, 2010. Disponível em: [www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html). Acesso: novembro de 2018.

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Statistical data bases. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acessado em 03 jan de 2020.

FAO, 2004: **Seguridad alimentaria como estrategia de Desarrollo rural**. 28 Conferencia Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Ciudad de Guatemala, Guatemala 2004.

FAO. 2014. Greenhouse Gas Emissions from Agriculture, Forestry and Other Land Use. FAOSTAT. Disponível em: <http://faostat3.fao.org>. Acesso em: 10 de dezembro de 2018.

FARIA, N. M. X., FACCHINI, L. A., FASSA, A. G., & TOMASI, E. (2004). Rural work and pesticide poisoning. **Cadernos de saúde pública**, 20(5), 1298-1308.

FARIA, N. M. X.; FACCHINI, L. A.; FASSA, A. G.; TOMASI, E.; Trabalho rural e intoxicações por agroquímicos. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, p. 1298-1308, 2004.

FERREIRA, C. M.; SOUSA, B.; M. I. S. F.; Qualidade do arroz no Brasil: evolução e padronização. **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**, p. 61, 2005.

FILHO, M.A.C et al; Relação solo-planta-atmosfera. In: SOUZA, Valdemício Ferreira de et al. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Empraba Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2011.

FILHO, V. C. M., VIEIRA, A. S., MEDEIROS, A. C., MOREIRA, A. R., & MARACAÇA, P. B. (2019). Análise da pegada hídrica no perímetro irrigado de São Gonçalo, localizado no sertão paraibano. **REVISTA INTERDISCIPLINAR E DO MEIO AMBIENTE**, 1(1), 14-24.

FISCHER, Augusto; MARINI, Daniela; WINCK, Cesar Augustus. Percepção das normas da vigilância sanitária pelos agricultores familiares de Joaçaba, Herval d'Oeste e Luzerna. **Gestão & Regionalidade**, v. 32, n. 95, p. 108-126, 2016.

FONSECA, L. BARBOSA F; M.P.; ESPINOSA, W. **Arroz irrigado: Sistema de Produção para a região do Baixo São Francisco**. 118p. Brasília: PROINE, 1988.

FRAITURE, C.; MOLDEN, D.; WICHELNS, D. Investing in water for food, ecosystems, and livelihoods: An overview of the comprehensive assessment of water management in agriculture. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 4, p. 495-501, 2010.

FREITAS, A.J de. **Gestão de recursos hídricos**. In: SILVA, D.D da; PRUSKI, F.F. (Editores). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.

GHEEWALA, Shabbir H. et al. Water footprint and impact of water consumption for food, feed, fuel crops production in Thailand. **Water**, v. 6, n. 6, p. 1698-1718. 2014.

GIACOMIN, G. S; JR, A. A. O.; Análise de resultados de pegada hídrica por países e produtos específicos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1562-1572, 2012.

GOELLNER, C. I.; **Utilização dos defensivos agrícolas no Brasil: análise do seu impacto sobre o ambiente e a saúde humana**. 102 p. São Paulo: Ed. Artgraph, 1993.

GRAÇA, C. A. L.; **Pegada Hídrica: um estudo de caso de água cinzenta de um produto agrícola**. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química e Bioquímica) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2011.

GUIMARÃES, R. M. A.M. **Estado e política ambiental em Sergipe (1972 – 2006)**. 158p. Editora UFS, 2010. V. 1. São Cristóvão

HOEKSTRA, A. Y. ; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M.M.;MEKONNEN, M.M. **Water footprint manual: state of the art** . Países Baixos: Water Footprint Network, Ensched, The Netherlands, 2009.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M.; MEKONNEN, M. M. **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global**. Water Footprint Network, 2011. 191p.

HOEKSTRA, Arjen Y.; MEKONNEN, Mesfin M. The water footprint of humanity. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 109, n. 9, p. 3232-3237, 2012.

HOLANDA, F. S. R.; ROCHA, I. P. DA; OLIVEIRA, V. S. Estabilização de taludes marginais com técnicas de bioengenharia de solos no Baixo São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.570-575, 2008.

INPEV. Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. Relatório de Sustentabilidade. 2018. Disponível em: <<https://www.inpev.org.br/noticias-publicacoes/relatorio-sustentabilidade>> Acesso em: 21 set. de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro.

ISIDRO, R., SILVA, J., SUDÉRIO, V., VITAL, A., DORNELAS, C., & SANTOS, J. (2018). Considerações sobre o uso e tipos de agroquímicos na bacia hidrográfica do açude cordeiro-Congo-PB. **Cadernos de Agroecologia**, 13(1).

JACOBI, P.R. Pegada Hídrica e aprendizagem social: o desafio de ampliar interações sociais. In: EMPINOTI, V; JACOBI, P.R.(Org.). **Pegada Hídrica: inovação, corresponsabilização e os desafios de sua aplicação**. São Paulo: Annablume, 2012.

JESWANI, Harish Kumar; AZAPAGIC, Adisa. Water footprint: methodologies and a case study for assessing the impacts of water use. **Journal of cleaner production**, v. 19, n. 12, p. 1288-1299, 2011.

LAMASTRA, Lucrezia et al. A new approach to assessing the water footprint of wine: An Italian case study. **Science of the total environment**, v. 490, p. 748-756, 2014.

LEAL, S. G. R. **O impacto da cobrança pelo de recursos hídricos na irrigação**. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

LEFF, H.; Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. **Revista Ambiente & Sociedade** - Ano V - No 10. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

LIMA, A. B.; VASCONCELOS, I. C.; ROCHA, P. V.; **Impactos das Mudanças Climáticas: Opções de Resposta para os Agricultores Familiares do Brasil**. International Policy Centre for Inclusive Growth, 2015.

LIMA, G.M. de. Sergipe. In: XAVIER, Y.M.D.A e BEZZERA, F.N. (Org.) **Gestão Legal dos recursos hídricos dos Estados do Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2005.

- MACIEL JR., P. **Zoneamento das Águas – um instrumento de gestão dos recursos hídricos**. Belo Horizonte. 2000, 112 p.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M.; **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed.-São Paulo: Atlas, 2003.
- MARENGO J.A; JONES R.; ALVES L. M.; VALVERDE M. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**. doi:10.1002/joc.1863, 2009<sup>a</sup>.
- MARTINS, et al. **Sistema integrado de custos agropecuários-CUSTAGRI**. Informações Econômicas, São Paulo, v.28,n.1,jan. 1998.
- MATOS, R. R. A; . **Estimativa dos componentes azul e verde da pegada hídrica da batata-doce no agreste sergipano**. 2015. 55f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, 2015.
- MELO, T.K. **Evapotranspiração, coeficiente de cultura e produção do melão Gália irrigado com água de diferentes salinidades**. 87f. Dissertação (Mestrado em Irrigação de Drenagem), Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró. 2009.
- MILLER JR, G.T. **Ciência Ambiental**. Tradução All Tasks. Revisão Técnica Wellington Braz Carvalho. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- MINUZZI, R. B.; RIBEIRO, A. Jr. Requerimento de Água para Irrigação do Milho em Santa Catarina durante Eventos La Niña. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 12, p. 1330-1337, 2012.
- MOM, R. J. C. **A high spatial resolution analysis of the water footprint of global rice consumption**. 2007. 136f. Master of Science. University of Twente, Enschede /NL, 2007.
- MONTEIRO, J. E. et al. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009.
- MUNDO, **Transformando Nosso. a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, 2016.
- PEREIRA, A. R.; VILLA, N. N. A., SEDIYAMA, G.C. **Evapo(trasnp)-ração**. 1 ed. Piracicaba: FEALQ, 183 p. 1997.
- PERES, F.; OLIVEIRA-SILVA, J.J.; DELLA-ROSA, H.V.; LUCA, S.R. Desafios ao estudo da contaminação humana e ambiental por agroquímicos. **Revista Ciências e Saúde coletiva**, v.10, p.27-37, 2005.
- PINHEIRO, A. S.; **Utilização de agroquímicos no perímetro irrigado califórnia e suas influências na saúde do trabalhador rural**. 2004. 157f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2004,
- PORTO, MFA. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**. Agência Nacional de Águas, 2002.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C.; **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**, 2<sup>a</sup> Edição. Editora Feevale, 2013.
- REBOUÇAS, A. C; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G; (org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3.ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

RECENA, M. C. P.; CALDAS, E. D.; Percepção de risco, atitudes e práticas no uso de agroquímicos entre agricultores de Culturama, MS. **Revista de Saúde Pública**, v. 42, p. 294-301, 2008.

REIS, C. V. S.; MOREIRA, T. B. S.; CUNHA, G. H. M. O efeito marginal do capital humano na agricultura familiar. **Revista Espacios**, **38 (23)**, 2017.

**REVISTA PLANETA ARROZ**. Ano 11. Edição 38. Maio 2011. 42 p.

RIBEIRO, C.S. **Pegada Hídrica e Água Virtual: Estudo de caso da manga no Submédio do Vale do São Francisco, Brasil**. 2014. 79f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Faculdade de Economia, Universidade Federal da Bahia, 2014.

RIBEIRO, M. L., LOURENCETTI, C., PEREIRA, S. Y.; MACHI, M. R. R. D. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**. 2007.

RIBEIRO, S. de O. Elaboração do cálculo de amostra da pesquisa. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2015.

RODRIGUEZ, C. I., GALARRETA, V. R.; KRUSE, E. E. Analysis of water footprint of potato production in the pampean region of Argentina. **Journal of Cleaner Production**, **90**, 91-96. 2015.

SAMPAIO, S. C.; CORRÊA, M. M.; BÔAS, M. A. V.; OLIVEIRA, L. F. C. Estudo da precipitação efetiva para o município de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 210-213, 2000.

SANTANA, F. S.; **Derivações antropogênicas na área do perímetro irrigado de Betume/SE**. 2017. 128 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2017.

SANTIAGO, A. D., CHICO, D., JÚNIOR, A. S., GARRIDO, A.; CARNAUBA, P. J. P. (2018). Pegada hídrica da cana-de-açúcar e etanol produzidos no estado de Alagoas, Brasil. **Agrometeoros**, **25(1)**.

SANTOS, A.; SANTIAGO, C. M.. Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. **Embrapa Arroz e Feijão-Documents (INFOTECA-E)**, 2014.

SANTOS, T. R.; OLIVEIRA, H. S. Agroecologia como temática de educação ambiental na preservação dos ecossistemas através da redução de agroquímicos no contexto rural. **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, p. 135-147, 2015.

SCHIOCCHET, M. A.; MARSCHALEK, R. ; NOLDIN, J. A. ; RAIMONDI, J.V. ; EBERHARDT, D. S.; MARTINS, G.N. ; BACHA, R E. . **SCS117 CL: Nova cultivar de arroz irrigado**. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2011, Balneário Camboriú, SC. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 7. Itajaí, SC: Epagri/Sosbai, 2011. v. 1. p. 207-209.

SCHRODERM. **Políticas públicas e agricultura familiar no Brasil: inovações institucionais a partir do Pronaf**. 34º Encontro Anual da ANPOCS. Seminário Temático 19, 2010. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/20464775-Políticas-públicas-e-agricultura-familiar-no-brasil-inovacoes-institucionais-a-partir-do-pronaf.html>>. Acesso em: 10 de jan. de 2019.

SELBORNE, L.; **A Ética do Uso da Água Doce: um levantamento**. - Brasília: UNESCO, 2002. 80p.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos PROÁGUA Nacional. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Sergipe**. Relatório Final (RF-i) Vol. 1. Aracaju, 2011.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Perfil da Agricultura Sergipe 2016 – 2017**. Aracaju, 2018.

SILVA, E. S.; **Pegada hídrica da cultura da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*) na região agreste do Estado de Sergipe. 2018**. 81f. Dissertação (Mestrado e Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE, 2018.

SILVA, S. C. D.; RIBEIRO, M. M. R. Enquadramento dos corpos d'água e cobrança pelo uso da água na bacia do rio Pirapama-PE. **Eng. sanit. ambient**, 11(4), 371-379. 2006.

SILVA, V. D. P., ALBUQUERQUE, M. F. D., ARAÚJO, L. E. D., CAMPOS, J. H. D. C., GARCÊZ, S. L.; ALMEIDA, R. S. Medições e modelagem da pegada hídrica da cana-de-açúcar cultivada no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 19(6), 521-526. 2015.

SILVA, V. P. R.; ALEIXO, D. O.; NETO, J. D.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E.; Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada Hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n. 1. P. 100-105, 2013.

SILVA, V.P.R. **Estimativa das necessidades hídricas da mangueira**. 2000. 126 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2000.

SOARES, W. L.; FREITAS, E. A. V.; COUTINHO, J. A. G.; Trabalho rural e saúde: intoxicações por agroquímicos no município de Teresópolis-RJ. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, n. 4, p. 685-701, 2005.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. M.; Monitoramento do risco ambiental de agroquímicos: princípios e recomendações. Embrapa Meio Ambiente. Documentos, **Revista Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar**, 2004.

SURENDRAN, U. et al. Modelling the crop water requirement using FAO-CROPWAT and assessment of water resources for sustainable water resource management: A case study in Palakkad district of humid tropical Kerala, India. **Aquatic Procedia**, v. 4, p. 1211-1219, 2015.

TADEU, N.D; SINISGALLI, P. O uso da Pegada Hídrica na análise do ambiente. In: EMPINOTI, V; JACOBI, P.R.(Org.). **Pegada Hídrica: inovação, corresponsabilização e os desafios de sua aplicação**. São Paulo: Annablume, 2012.

THOMAZ, J. L. P., KOHLS, L. P., RAMOS, T. J. F. R., GOULARTE, J. L. L., & KROUNBAUER, C. A. (2015). Gestão de custos: um estudo multicaso sobre o gerenciamento dos custos na produção de arroz no município de Dom Pedrito-RS. **RAGC**, 3(5).

TUCCI, C. E. M; HESPANHOL, I.; NETTO, C.; OSCAR, M.; **Gestão da água no Brasil**. 2003.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, M.T.; **Recursos Hídricos no século XXI** . ed. ampliada e atualizada. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

VAREJÃO SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**, Versão Digital 2, 2006. v. 1., 463p.

VAUGHAN, D. A.; MORISHIMA, H.; KADOWAKI, K; Diversity in the *Oryza* genus. **Current Opinion in Plant Biology**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 39-146, 2003.

VEIGA, JE da. A agricultura no mundo moderno: diagnóstico e perspectivas. **Meio ambiente no século**, v. 21, n. 21, p. 199-213, 2003.

VERGARA, B. S.; CHANG, T. T. **The flowering response of the rice plant to photoperiod**, 4. ed. Los Baños: IRRI, 1985. 61 p.

VIANA, L. S. Contextualizando a realidade do uso de agroquímicos na agricultura familiar. **Extensão em Ação**, v. 1, n. 13, p. 54-68, 2017.

XAVIER, Y. M. A.; BEZERRA, N. F.; **Gestão legal dos recursos hídricos dos Estados do Nordeste do Brasil**, Fortaleza, Fundação Konrad Adenauer, 2005.

YOO, S. H; CHOI, J. Y; LEE, S. H; KIM, T.; Estimating water footprint of paddy rice in Korea. **Paddy and water environment**, v. 12, n. 1, p. 43-54, 2014.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A** – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE submetido ao comitê de ética da Universidade Federal de Sergipe para a aplicação de entrevistas semiestruturadas na agricultura familiar do cultivo de arroz no Perímetro Irrigado do Betume em Néopolis/ SE.

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE**

Prezado (a) Senhor (a)

Esta pesquisa é sobre a **Contabilização da Pegada Hídrica Azul, Verde e Cinza da Rizicultura no Perímetro Irrigado**, está sendo desenvolvida pelo mestrando **Camilo Rafael Pereira Brandão**, do Curso de **Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe**, sob a orientação do **Prof. Dr. Inajá Francisco de Sousa**.

O objetivo do estudo é **determinar a pegada hídrica dos componentes verde, azul e cinza na rizicultura da região do baixo São Francisco, avaliando o conhecimento dos agricultores locais sobre o manejo e os riscos de contaminação por agroquímicos**. A finalidade deste trabalho é contribuir para o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável a partir dos resultados da quantidade de água utilizada durante o desenvolvimento da cultura do arroz na região do Perímetro Irrigado do Betume, conhecendo também como é feito o manejo de produtos agroquímicos pelos agricultores locais, sensibilizando sobre os riscos de exposição.

Solicitamos a sua colaboração para a aplicação da entrevista semiestruturada, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área da Saúde, Agricultura e publicações em revista científica nacional e/ou internacional. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo absoluto. Informamos que essa pesquisa pode apresentar possíveis riscos: **tomada de tempo do sujeito ao responder as entrevistas e invasão de privacidade**. Para minimizar os possíveis riscos, **o pesquisador assegura limitar o tempo de aplicabilidade e a confidencialidade e privacidade, proteção de imagem e não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e da comunidade**.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo Pesquisador(a). Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir

do mesmo, não sofrerá nenhum dano. O pesquisador estará a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

---

Assinatura do pesquisador responsável

Considerando, que fui informado(a) dos objetivos e da relevância do estudo proposto, de como será minha participação, dos procedimentos e riscos decorrentes deste estudo, declaro o meu consentimento em participar da pesquisa, como também concordo que os dados obtidos na investigação sejam utilizados para fins científicos (divulgação em eventos e publicações). Estou ciente que receberei uma via desse documento.

Neópolis, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

---

Assinatura do participante

Contato com o Pesquisador (a) Responsável:

Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor ligar para o (a) pesquisador Camilo Rafael Pereira Brandão. Telefone: (79) 999368572 ou por E-mail: camilorafael669@gmail.com



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO  
E MEIO AMBIENTE  
NÍVEL MESTRADO



Orientador: Prof. Dr. Inajá Francisco de Sousa

Mestrando: Camilo Rafael Pereira Brandão

**APÊNDICE B** – Entrevista: Utilização de produtos agroquímicos (agroquímicos) na agricultura familiar do cultivo de arroz.

Entrevista semiestruturada a ser aplicada junto aos produtores rurais do Perímetro Irrigado Betume que fica localizado na cidade de Neópolis/ SE, visando a coleta de informações pertinentes ao uso de produtos agroquímicos (agroquímicos) na rizicultura.

SEXO: ( ) M ( ) F

IDADE \_\_\_\_\_

PROFISSÃO: \_\_\_\_\_

GRAU DE ESCOLARIDADE: \_\_\_\_\_

1. Quanto tempo de experiência nessa atividade agrícola?  
( ) 1 à 5 anos ( ) 5 à 15 anos ( ) 15 ou mais
2. Você utiliza os produtos agroquímicos (agroquímicos) no manejo de pragas nas culturas?  
( ) Sim ( ) Não
3. Onde são adquiridos estes produtos?  
( ) Casa Agropecuária  
( ) Vendedores externos (revendedores)  
( ) Vendedores desconhecidos
4. Tem conhecimento sobre a Receita Agrônômica? Se sim, há recebimento no ato da compra?  
( ) Sim ( ) Não

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Existe algum tipo de orientação técnica para a realização da compra? Se sim, quem orienta?

( ) Sim ( ) Não

---

6. Na sua concepção, a aplicação destes produtos sem os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) pode prejudicar a saúde?

( ) Sim ( ) Não

7. Quem faz a aplicação dos agroquímicos em sua propriedade?

---

---

8. Já ouviu falar de casos de intoxicação de agricultores devido a aplicação incorreta destes produtos? Se sim, conhece alguém que foi contaminado?

---

---

9. Existe algum ponto de recolhimento de embalagens vazias de agroquímicos (agroquímicos) no município?

( ) Sim ( ) Não

10. É importante a diminuição do uso destes produtos? Porque?

( ) Sim ( ) Não

---

---

---

11. Em sua opinião o uso destes produtos pode contaminar o arroz que está em desenvolvimento e o meio ambiente?

( ) Sim ( ) Não

12. Em sua opinião o que pode ser feito para contribuir na redução da quantidade de produtos agroquímicos (agroquímicos) aplicados nas plantações?

---

---

---

## APÊNDICE C – CARTILHA DA PEGADA HÍDRICA DA RIZICULTURA NO BAIXO SÃO FRANCISCO E O USO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS



**Pegada Hídrica**  
da rizicultura no baixo São Francisco  
e o uso de defensivos agrícolas

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRODEMA

Camilo Rafael Pereira Brandão  
Inajá Francisco de Sousa  
Isadora Souza de Melo Silva

**PEGADA HÍDRICA DA RIZICULTURA DO  
BAIXO SÃO FRANCISCO E O USO DE DEFENSIVOS  
AGRÍCOLAS**

1ª edição

Aracaju/Sergipe  
2020

---

**CARTILHA DA PEGADA HÍDRICA NA RIZICULTURA DO BAIXO SÃO FRANCISCO E O USO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS**  
Universidade Federal de Sergipe - UFS  
Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA

**ORGANIZADORES**  
Camilo Rafael Pereira Brandão  
Inajá Francisco de Sousa  
Isadora Souza de Melo Silva

**PROJETO GRÁFICO**  
Camilo Rafael Pereira Brandão

**REVISÃO TEXTUAL**  
André Vinícius Bezerra de Andrade Silva  
Camilo Rafael Pereira Brandão

**LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO**  
Camilo Rafael Pereira Brandão



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecário Pedro Anzão Gomes - CRB 8/2046

BR170 Brandão, Camilo Rafael Pereira  
Cartilha da pegada hídrica na rizicultura do baixo São Francisco e o uso de defensivos agrícolas / Camilo Rafael Pereira Brandão; Inajá Francisco de Sousa; Isadora Souza de Melo Silva. - 1. ed. - Aracaju: Criação, 2020.  
26 p. - Atributo:  
ISBN: 978-65-80387-48-2

1. Recursos hídricos. 2. Rizicultura. 3. Rio São Francisco - Sergipe.  
I. Título. II. Assuntos. III. Organizadores.

CDD: 635.108.135

APFD

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRODEMA  
CODEVASF  
CAPES  
FAPITEC/BR

# INTRODUÇÃO

A água é considerada um recurso natural e econômico que se destaca como sendo essencial à manutenção das múltiplas formas de vida. No entanto, cabe destacar suas características de finitude e vulnerabilidade que, se quando associadas ao mau uso, podem levar à escassez deste bem da natureza e por sua vez, limitar o desenvolvimento de regiões ao redor do mundo. A gestão e o manejo hídrico constituem-se de importantes ferramentas no que tange ao controle sobre água. Ter influência no domínio dos recursos hídricos é garantir boas condições para a vida humana. O Brasil possui destaque no cenário hidrológico devido sua grande descarga de água doce (representada pelos rios) cuja produção hídrica representa um total de 53% de toda água doce do continente Sul-Americano, concebendo 12% do total mundial (REBOUÇAS, 2006). Deste modo, a metodologia da Pegada Hídrica (Water Footprint) consiste em contabilizar o uso de água na produção de diversos itens e tem como finalidade alcançar a sustentabilidade hídrica e contribuir na busca de soluções para evitar a escassez. A agropecuária em grande escala, o mal gerenciamento na irrigação bem como o uso de produtos agroquímicos com o seu alto nível de contaminação contribuem para a degradação hídrica e afetam diretamente a atividade agrícola. A partir do exposto, este material tem como objetivo informar a comunidade em geral acerca dos resultados da Pegada Hídrica da rizicultura na região do baixo São Francisco, assim como sua rentabilidade e alertar quanto ao uso dos produtos agroquímicos.

**André Vinícius Bezerra de Andrade Silva**  
**Camilo Rafael Pereira Brandão**  
Mestrandos em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) pela Universidade Federal de Sergipe - UFS.

5

GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

## GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: Mundo, Brasil e Sergipe.

Desde início da vida no planeta terra, a água sempre foi essencial para a sobrevivência e o desenvolvimento das espécies.



O termo "água" refere-se ao elemento natural que se encontra desvinculado a qualquer tipo de utilização.

No entanto, o termo "recurso hídrico" faz referência ao uso da água como um bem econômico passível de utilização com determinada finalidade. Nem toda água existente possui necessariamente uma viabilidade econômica.

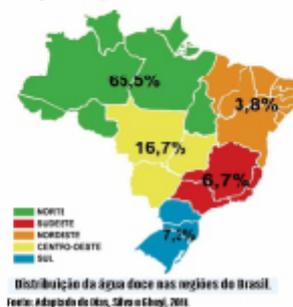
Toda a água existente no planeta terra está distribuída da seguinte forma:



7

GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: Mundo, Brasil e Sergipe.

O Brasil apresenta uma situação confortável quando falamos de distribuição hídrica de água em seus rios no qual representa cerca de 53% da produção de água da América do Sul e 12% do total mundial.



Em **Sergipe** grande parte dos rios possuem pequena extensão, suas nascentes se encontram em regiões onde as precipitações pluviométricas anuais são baixas.



6

GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: Mundo, Brasil e Sergipe.

Os quatro países mais ricos em água doce do mundo segundo as descargas médias dos rios ( $m^3/s$ ) são:

Brasil  
(BRASILIA)Rússia  
(MOSCÚ)USA  
(WASHINGTON)Canadá  
(OTTAWA)

A água existente no **território brasileiro** é dividida em domínios federal e estadual como rege a Constituição Federal de 1988, onde a sua administração se dá tanto de órgãos públicos quanto privado.

MARCOS DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

### Código das Águas

Estabeleceu a preferência do uso da água para as primeiras necessidades da vida, abrangendo a aplicação de penalidades e o aproveitamento das águas para navegação, permitindo uma notável expansão do sistema hidroelétrico brasileiro.



Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) - Lei 9.433/37



Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH)

Iniciativa que visou equacionar a demanda crescente de água destinadas ao crescimento urbano, agrícola, industrial e também o preocupante avanço na degradação de seus rios e lagos

8

PEGADA HÍDRICA

## O QUE É PEGADA HÍDRICA?

Aproximadamente 20% da população mundial não possui acesso a água potável e cerca de 40% não tem água suficiente para um estrutura adequada de saneamento básico e higiene, acredita-se que em 50 anos a escassez poderá afetar aproximadamente 3 bilhões de pessoas.

O conceito de **Pegada Hídrica (PH)** foi proposto em 2002 por Arjen Y. Hoekstra e consiste em um indicador dos usos direto e indireto da água, mostrando os volumes de consumo de água doce por fontes bem como tipos de poluição.



A pegada hídrica possui três componentes:



Azul

Consumo de água superficial e subterrânea ao longo de toda cadeia produtiva.



Verde

Consumo de água de chuva sem escoamento, sendo armazenada no solo ou na vegetação.



Cinza

Volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes a partir de concentrações naturais e de padrões de qualidade da água.

9

CULTIVO DE ARROZ

## Cultivo de Arroz em Sergipe

O arroz é uma das principais culturas que alimentam a população mundial e acredita-se que seu cultivo teve início há mais de 6.500 anos, desenvolvendo-se paralelamente em vários países.

**Família:** Poaceae  
**Gênero:** *Oryza*  
**Espécie:** *Oryza sativa* L.  
**Subespécies:** Indica e Japônica



No baixo São Francisco, o arroz possui grande importância na geração de emprego. Sergipe foi o estado com o maior rendimento (kg/ha) no cultivo do arroz com 33.058 ton em 2016, ocupando o 2º lugar como maior produtor de arroz do Nordeste.



Esses quatro municípios representaram 88,02% de toda produção estadual.

Mapa do Estado de Sergipe

10

Agricultura e o uso de defensivos agrícolas

## Agricultura e o uso de defensivos agrícolas

Desde os tempos coloniais, o Brasil vem buscando por produtividade e terras férteis, os commodities destinados à exportação vem influenciando as relações econômicas, sociais e ambientais.

Com o crescimento na demanda de alimentos, a modernização da agricultura levou ao uso intensivo de defensivos agrícolas, em 1970, no Brasil, eram utilizados cerca de 27.728,8 (ton), em dez anos esses números aumentaram para 80.968,5 (ton) no qual esse fenômeno foi atribuído a expansão agrícola no cultivo da cana-de-açúcar e soja.

O Brasil, desde o ano de 2009 é líder no consumo mundial de defensivos agrícola e responde sozinho por 1/5 de todo o agrotóxico produzido globalmente

### Principais consequências

Afetam o meio ambiente e a saúde do trabalhador (a) devido sua alta toxicidade potencializada pela falta ou incorreta instrução na hora do seu manuseio



11

Pegada Hídrica da rizicultura no baixo São Francisco

## Pegada Hídrica da rizicultura no baixo São Francisco

A partir dos dados meteorológicos fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para os anos de 2016, 2017 e 2018 junto com o uso do software CROPWAT 8.0 da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura) e os valores de produtividade do arroz na região, foi possível aplicar a metodologia **PEGADA HÍDRICA (PH)** para calcular a quantidade de água verde, azul e cinza consumida pela atividade da rizicultura no baixo São Francisco. Através dos resultados, observa-se a PH verde, azul e cinza para a região.



A partir dos resultados obtidos é possível observar que a Phverde possui maior contribuição no desenvolvimento do arroz para os de 2016 (57%) e 2018 (60%).



12

Pegada Hídrica da rizicultura no baixo São Francisco



A maior Phazul entre os anos ocorreu em 2017 (67%) justificada pelo início da safra em novembro de 2017 sendo finalizada em abril de 2018 no qual a precipitação foi baixa, sendo necessário um maior uso da água para irrigação na região



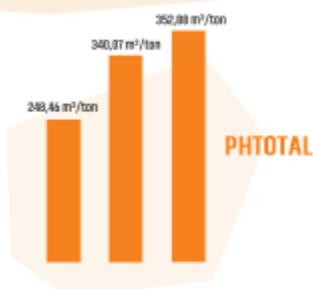
Já a Phcinza não sofreu grande variação entre os anos, no qual contabilizou 5% (2016) e 4% (2017 e 2018) de toda água utilizada na região.



13

Pegada Hídrica da rizicultura  
no baixo São Francisco

A Phtotal da rizicultura no baixo São Francisco está representada abaixo, no qual é possível observar que o ano de 2016 apresentou os menores valores quando comparados com 2017 e 2018. Quanto maior a produtividade menor será a PH da cultura.



Portanto, fica claro que a produtividade da cultura está diretamente ligada a quantidade de água utilizada durante o seu desenvolvimento.

BRASIL		
VERDE	AZUL	CINZA
791 m³/ton	670 m³/ton	61 m³/ton

Fonte: CHAPAGAIN E HOEKSTRA, 2010.

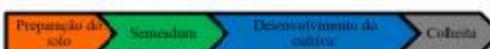
14

Custo e rentabilidade

## Custos e rentabilidade do arroz

No perímetro irrigado do Betume, em Sergipe, a rizicultura tem uma produtividade média de 8.500ha e produção de 60ton por lote de arroz irrigado, possuindo uma área total de 2.566,54ha.

A produção é feita através do sistema de irrigação e utiliza insumo e contratação de mão de obra sazonal e efetiva durante todo o processo de desenvolvimento do cultivo.



Etapas da produção do arroz:



Arroz em desenvolvimento  
Foto: BRASIL, 2019.



Canais para distribuição de água nos lotes  
Foto: BRASIL, 2019.

15

Custo e rentabilidade

Para ter mais precisão sobre a rentabilidade do arroz na região do baixo São Francisco, foi levado em consideração os custos operacionais efetivos na produção de uma safra. Segundo a CODEVASF (2019) o Estado de Sergipe possui o menor valor de comércio do Brasil, sendo de R\$ 0,71 (setenta e um centavos).



A produtividade média do lote experimental foi de 36.445ha e os valores estão descritos abaixo, na Tabela 1.

Tabela 1. Valores da renda bruta, receita líquida, despesas totais e lucro estimado.

Valores em reais (R\$)	
Renda bruta	25.875,45
Receita líquida	23.896,1
Despesas totais	7.978,2
Lucro estimado	14.139,99

Fonte: CODEVASF, 2019.

Apesar de apresentarem grande influência na produção de arroz do Nordeste, os rizicultores do perímetro irrigado do Betume sofrem com a desvalorização monetária do kg de arroz produzido na região. São necessários investimentos do governo estadual para subsidiar estes (as) trabalhadores (as), garantindo maior autonomia para negociar a venda e consequentemente obter maiores lucros.

16

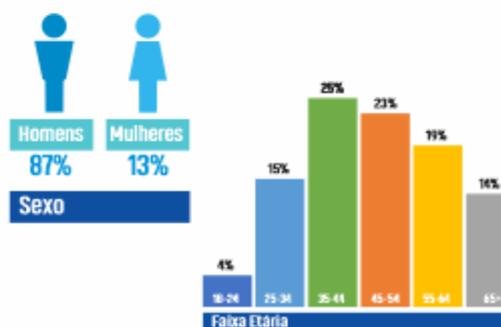
Perfil do (a) rizicultor (a)

## Agricultura familiar e o uso de produtos agroquímicos

Perfil do (a) rizicultor (a) no baixo São Francisco.

O termo agricultura familiar começou a ser introduzido no Brasil a partir de textos acadêmicos juntamente com ações políticas de organizações representativas, onde a partir de 1990 foram conceituadas como propriedades com menos de 100 hectares.

As abordagens para as entrevistas que permitiram descrever o perfil dos 52 rizicultores foram realizadas durante a entrega das sementes para a primeira safra de 2019.



### 17 Perfil do (a) rizicultor (a)

**Grau de escolaridade em % dos agricultores**

No perímetro irrigado Betume ainda é grande o número de agricultores que possuem esta atividade como renda fixa, porém já existem outras ocupações que servem como complemento para a renda familiar.

**Profissão**  
 37 AGRICULTURA  
 15 AGRICULTURA + OUTRA OCUPAÇÃO

**Escola**  
 73% Até 14 anos de escolaridade  
 21% Mais de 15 anos de escolaridade  
 4% Não sabe ler e escrever  
 2% Não sabe ler

A falta de créditos bancários é um dos grandes impasses para que o agricultor familiar tenha autonomia sobre sua plantação e consiga aumentar sua renda através da valorização do arroz cultivado em sua propriedade.

### 18 Uso de produtos agroquímicos

#### Utilização de produtos agroquímicos no cultivo do arroz

Este perímetro irrigado teve sua construção iniciada em 1975, entrou em operação em 1977. Sendo assim, é importante conhecer como é feita a utilização de produtos agroquímicos na localidade.

71% dos entrevistados possuem mais de 15 anos de experiência. A baixa porcentagem de jovens compromete a longevidade da rizicultura no baixo São Francisco.

**Tempo de experiência na rizicultura**

1 a 5 anos: 12%  
 5 a 15 anos: 17%  
 Mais de 15 anos: 71%

Você utiliza produtos agroquímicos?

SIM	98%
NÃO	2%

A comercialização destes produtos está amparada legalmente pela lei 7802/89 que dispõe sobre a pesquisa, experimentação, produção entre outros itens como inspeção e fiscalização. No entanto, é importante que a venda seja controlada, garantindo a segurança alimentar em vegetais que recebam dosagens durante o seu desenvolvimento.

**Local do cultivo**  
 Casa Agropecuária: 45%  
 Revendedores: 41%  
 Desconhecidos: 7%  
 Não usa: 3%

### 19 Uso de produtos agroquímicos

A receita ou receituário é uma prescrição técnica liberada por um profissional legalmente habilitado no qual os produtos agroquímicos só poderão ser comercializados mediante a liberação feita por tais profissionais, são eles: Engenheiros Agrônomos, Florestais e Técnicos Agrícolas.

**Receituário Agrônomo**  
 Sim: 54%  
 Não: 44%  
 Não sabe: 2%

Para a aquisição destes produtos é importante uma avaliação correta da necessidade para o local onde se pretende fazer o uso.

Existente algum tipo de orientação na hora da compra? Se sim, quem orienta?

**Existente algum tipo de orientação na hora da compra?**  
 Sim: 77%  
 Não: 23%

**Se sim, quem orienta?**  
 Técnico: 82%  
 Proprietário/ vendedor: 13%  
 Não sei: 5%

### 20 Uso de produtos agroquímicos

A aplicação destes produtos sinalizam a necessidade de uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) que são fundamentais na proteção dos aplicadores contra os efeitos tóxicos. Quando questionados se o não uso de EPI's pode prejudicar a saúde, 27% afirmaram que não. É um dado preocupante já que acontece a exposição durante a aplicação no qual leva a uma intoxicação por via oral, inalatória e cutânea.

87% dos entrevistados afirmaram já ter ouvido falar de casos de intoxicação no perímetro irrigado Betume e 55% já sofreu alguma tipo de **intoxicação** devido a aplicação incorreta, entre os sintomas citados: **caxexa, queimação, cegueira, vômito, febre, dor de cabeça.**

Fonte: biopesticidasapocricimas.com.br

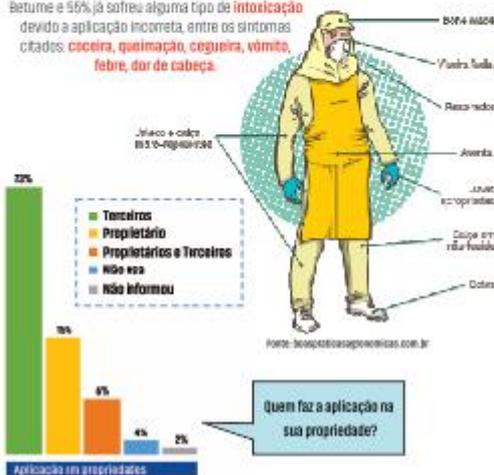
Quem faz a aplicação na sua propriedade?

**Aplicação em propriedades**  
 Tecnicos: 72%  
 Proprietário: 16%  
 Proprietários e Tecnicos: 4%  
 Não usa: 4%  
 Não informou: 2%

**20** Uso de produtos agroquímicos

A aplicação destes produtos sinalizam a necessidade de uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) que são fundamentais na proteção dos aplicadores contra os efeitos tóxicos. Quando questionados se o não uso de EPI's pode prejudicar a saúde, 27% afirmaram que não. É um dado preocupante já que acontece a exposição durante a aplicação no qual leva a uma intoxicação por via oral, inalatória e cutânea.

87% dos entrevistados afirmaram já ter ouvido falar de casos de intoxicação no perímetro irrigado Betume e 55% já sofreu alguma tipo de **intoxicação** devido a aplicação incorreta, entre os sintomas citados: **coceira, queimação, cegueira, vômito, febre, dor de cabeça.**



**21** Uso de produtos agroquímicos



**Aplicação de agroquímicos sem EPI's.**  
Fonte: Melo, 2019.



**Aplicação de agroquímicos com EPI's.**  
Fonte: Melo, 2019.

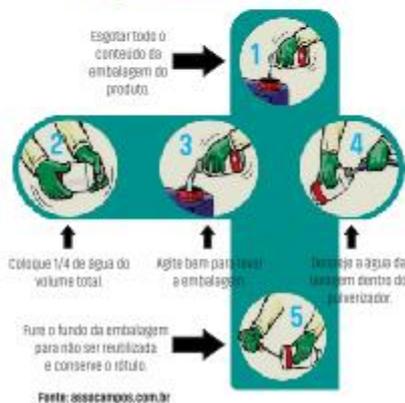
**23** Lavagem das embalagens

**LAVAGEM DAS EMBALAGENS APÓS USO**

A legislação brasileira determina que todas as embalagens rígidas de defensivos agrícolas devem ser lavadas com o objetivo de evitar a sua contaminação com produto residual. A lavagem é indispensável para a reciclagem posterior do produto e deve ser feita conforme a NBR 13.968 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

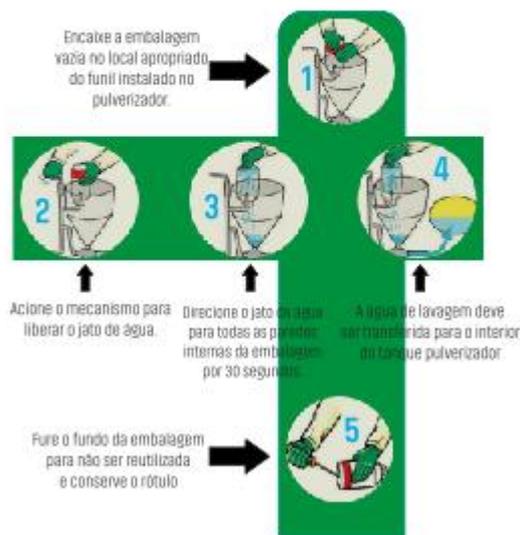
A norma prevê dois tipos de lavagem: triplice e sob pressão (INPEV, 2019).

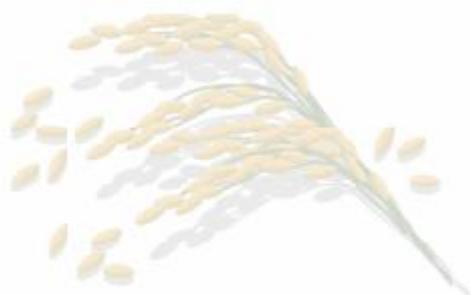
**Triplíce de lavagem**



**24** Lavagem das embalagens

**Lavagem sob pressão**





**PORTARIA Nº 206 DE 4 DE SETEMBRO DE 2018**  
O presente trabalho foi realizado com o apoio da  
Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de  
Nível Superior - Brasil (CAPES)  
Código de financiamento 001

Recursos Capes/Fapitec/SE Edital nº 11/2016.

