



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRAULICA E AMBIENTAL**  
**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**MATEUS DE ALENCAR COSTA**

**REGIONALIZAÇÃO DE MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE ESCASSEZ HÍDRICA  
PARA SUBBACIAS PRODUTORAS DE MELÃO, COCO E MANGA NO BRASIL**

**FORTALEZA**

**2018**

**MATEUS DE ALENCAR COSTA**

**REGIONALIZAÇÃO DE MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE ESCASSEZ HÍDRICA  
PARA SUBBACIAS PRODUTORAS DE MELÃO, COCO E MANGA NO BRASIL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Fernando José.  
Co-orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Maria Cléa Brito de Figueiredo.

**FORTALEZA**

**2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

C874r Costa, Mateus de Alencar.  
Regionalização de método de avaliação de escassez hídrica para subbacias produtoras de melão, coco e manga no Brasil. / Mateus de Alencar Costa. – 2018.  
59 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva.

Coorientação: Profa. Dra. Maria Cléa Brito de Figueiredo.

1. Escassez Hídrica. 2. Semiárido. 3. Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida. 4. WSI. I. Título.

CDD 628

---

**MATEUS DE ALENCAR COSTA**

**REGIONALIZAÇÃO DE MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE ESCASSEZ HÍDRICA  
PARA SUBBACIAS PRODUTORAS DE MELÃO, COCO E MANGA NO BRASIL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Fernando José Araújo da Silva (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Maria Cléa de Brito Figueirêdo (Coorientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

MSc. Edilene Pereira Andrade  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, Ivonildo e Solange. Aos meus irmãos, Carolina e Leonardo. A minha namorada, Joyce.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder forças nos momentos de dificuldade e persistência nos momentos de fraqueza.

À minha família, que sempre foi minha base, por todo o amor, carinho, por todo o incentivo dado diariamente e por todo o apoio.

À minha namorada Joyce por todo o seu apoio e suporte. Por sempre acreditar no meu potencial e sempre me incentivar a acreditar e lutar por aquilo que acredito.

Aos meus amigos de graduação, e de vida, Ana Karolina, Felipe Silveira, João Paulo, Lucas Abreu, Maria Aparecida, Matheus Jucá, Ricardo Montesuma, Renan Galvão Taís Maria e Yuri Vasconcelos por me ajudarem a trilhar esse caminho tão difícil, deixando os dias mais agradáveis e por todo o suporte e carinho dado ao longo desses 6 anos.

À Embrapa pela oportunidade de estágio.

À Prof. Dra. Maria Cléa Brito de Figueiredo pela confiança depositada em mim desde o primeiro dia. Por todo o carinho e preocupação ao longo dos dias, além de todo o conhecimento passado e por todas as oportunidades geradas e por ser esse grande exemplo de profissional e de pessoa.

Ao professor Fernando José pela ajuda e pelas dicas dadas nessa reta final de graduação.

Em especial, à Edilene, que em um momento complicado da minha vida me ajudou sem esperar nada em troca. Muito obrigado por toda a ajuda! Pelo carinho, preocupação, pela calma, pelas dicas e por todo o conhecimento passado.

*“A maior glória não é ficar  
de pé, mas levantar-se cada  
vez que se cai.”*

(Confúcio)

## RESUMO

Devido ao significativo aumento da escassez hídrica ao redor do mundo, foram desenvolvidos diversos métodos de Avaliação de Impactos de Ciclo de Vida (AICV) para avaliar os impactos ocasionados pelo consumo de água. Cada método utiliza critérios diferentes para calcular fatores de caracterização (FCs), que expressam o nível de escassez hídrica de uma região por meio da análise de variáveis hidrológicas relativas a demanda e disponibilidade hídrica. Entretanto, é de extrema importância avaliar se esses fatores obtidos a partir de dados hidrológicos oriundos de modelos globais refletem a situação de escassez hídrica em regiões que historicamente sofrem com esse problema, como por exemplo, o Semiárido brasileiro. Dessa forma, esse trabalho regionalizou o Índice de Estresse Hídrico (Water Stress Index - WSI) anual e mensal, proposto por Pfister (2009) e Pfister e Bayer (2014). Os valores obtidos pelo cálculo do WSI expressam a fração de água consumida da qual os outros usuários são potencialmente privados. A regionalização do WSI utilizou recorte e dados hidrológicos nacionais fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA). Foram gerados FCs regionalizados (FCs WSI BR) para as Unidades Hidrográficas Estaduais (UHEs), nas quais estavam presentes os municípios que mais produzem Coco, Manga e Melão (principais culturas irrigadas no Semiárido), ou seja, aqueles municípios que juntos produzem 50% + 1 de toda a produção da cultura. Dessa forma, comparou-se os FCs WSI fornecidos pelo método com os WSI originais, avaliando-se o erro residual. Nessa comparação, foi utilizada uma escala com quatro subdivisões: Estresse Hídrico Baixo ( $WSI < 0,09$ ); Médio ( $0,09 < WSI < 0,5$ ); Alto ( $0,5 < WSI < 0,91$ ); e Muito Alto ( $0,91 < WSI < 1$ ). Observou-se que os FCs WSI anuais regionalizados mostraram uma situação mais próxima da realidade de escassez, onde 8 UHEs estão agrupadas na categoria de Estresse Hídrico Muito Alto. Já os FCs WSI fornecidos pelo método original indicavam que essas mesmas UHEs estavam na categoria de estresse hídrico baixo. A comparação dos FCs WSI mensais com os WSI BR mensais mostraram que os meses de irrigação das culturas avaliadas possuem um maior nível de escassez hídrica, sendo Coco e Manga culturas perenes e Melão, temporário. Conclui-se que a utilização de dados nacionais torna os fatores de caracterização mais condizentes com a realidade da área de estudo. Além do uso de fatores regionalizados também possibilita ACVs regionalizadas, com menor erro nos resultados. Assim, a regionalização do método WSI é de extrema importância para que as tomadas de decisões por parte de empresas, políticos e pesquisadores possa ser feita com uma maior segurança, embasada em dados concretos e sempre visando a saúde hídrica do país.

**Palavras-chaves:** Escassez Hídrica; Semiárido; Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida; WSI.



## ABSTRACT

Due to the significant increase of water scarcity around the world, several methods of Life Cycle Impact Assessment (AICV) were developed to evaluate the impacts caused by water consumption. Each method uses different criteria to calculate characterization factors (CFs), which express the level of water scarcity of a region by analyzing hydrological variables related to water demand and availability. However, it is extremely important to evaluate if these factors obtained from hydrological data from global models reflect the situation of water scarcity in regions that historically suffer from this problem, such as the Brazilian semi-arid. Thus, this work regionalized the annual and monthly Water Stress Index (WSI) proposed by Pfister (2009) and Pfister and Bayer (2014). The values obtained by the WSI calculation express the fraction of water consumed from which other users are potentially private. The regionalization of the WSI used national hydrological data provided by the National Water Agency (ANA). Regionalized FCs (WSI BRs) were generated for the State Hydrographic Units (UHEs), in which the municipalities that produced the most coconut, mango and melon (main irrigated crops in the semi-arid region) were present, that is, those municipalities that together produce 50% + 1 of all crop production. Thus, we compared the WSI FCs provided by the method with the original WSI, evaluating the residual error. In this comparison, a scale with four subdivisions was used: Low Water Stress ( $WSI < 0.09$ ); Medium ( $0.09 < WSI < 0.5$ ); High ( $0.5 < WSI < 0.91$ ); and Very High ( $0.91 < WSI < 1$ ). It was observed that the regionalized WSI yearly FCs showed a situation closer to the reality of scarcity, where 8 UHEs are grouped under the category of Very High Water Stress. The WSI FCs provided by the original method indicated that these same UHEs were in the low water stress category. The comparison of the monthly WSI FCs with the monthly WSI BR showed that the irrigation months of the evaluated crops have a higher level of water scarcity, being coco and manga perennial crops and Melon, temporary. It is concluded that the use of national data makes the characterization factors more compatible with the reality of the study area. In addition to the use of regionalized factors it also allows regionalized LCAs, with less error in the results. Thus, the regionalization of the WSI method is extremely important so that decision making by companies, politicians and researchers can be made with greater security, based on concrete data and always aiming at the country's water health.

**Key-words:** Water scarcity; semi-arid; Life Cycle Impact Assessment; WSI.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DO MUNDO.....	19
FIGURA 2 - DADOS DO CENTRAL RESEARCH UNIT (CRU).....	31
FIGURA 3 - DADOS DO CENTRAL RESEARCH UNIT (CRU). ANÁLISE DA UHE APODÍ MOSSORÓ.....	38

## LISTA DE MAPAS

MAPA 1 - DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL.....	20
MAPA 2 - UNIDADES HIDROGRÁFICAS ESTADUAIS E REGIÕES HIDROGRÁFICAS DO BRASIL.....	23
MAPA 3 - MUNICÍPIOS COM MAIOR PRODUÇÃO DE COCO E UHES CORRESPONDENTES. ALAGOAS E SERGIPE.....	35
MAPA 4 - MUNICÍPIOS COM MAIOR PRODUÇÃO DE COCO E UHES CORRESPONDENTES. CEARÁ E BAHIA.....	36
MAPA 5 - MUNICÍPIOS COM MAIOR PRODUÇÃO DE MANGA E UHES CORRESPONDENTES. BAHIA.....	36
MAPA 6 - MUNICÍPIOS COM MAIOR PRODUÇÃO DE MELÃO, E UHES CORRESPONDENTES.....	37
MAPA 7 - COMPARAÇÃO DE CONTORNOS DE BACIAS: WATERGAP X ANA .....	39
MAPA 8 - COMPARAÇÃO PFISTER ORIGINAL X PFISTER REGIONALIZADO.....	41
MAPA 9 - VARIAÇÃO MENSAL D OWSI POR UHE.....	45

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - REFERENTE AO TOTAL PRODUZIDO DE COCO POR ANO. PAÍS X ESTADOS. SÉRIE HISTÓRICA: 2006 – 2016.....	32
GRÁFICO 2 - REFERENTE AO TOTAL PRODUZIDO DE MANGA POR ANO. PAÍS X ESTADOS. SÉRIE HISTÓRICA: 2006 - 2016. ....	33
GRÁFICO 3 - REFERENTE AO TOTAL PRODUZIDO DE MELÃO POR ANO. PAÍS X ESTADOS. SÉRIE HISTÓRICA: 2006 - 2016. ....	33
GRÁFICO 4 - DIFERENÇA NA QUANTIDADE DE UHES POR CATEGORIA EM CADA MÉTODO. ....	42

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RELAÇÃO ENTRE UHE - MUNICÍPIO – CULTURA.....	34
TABELA 2 - COMPARAÇÃO: PFISTER ORIGINAL X REGIONALIZADO .....	46
TABELA 3 - COMPARAÇÃO: AWARE REGIONALIZADO X PFISTER REGIONALIZADO. ....	47

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	16
1.2 Objetivo Geral .....	18
1.3 Objetivo Específicos.....	18
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	19
2.1 Disponibilidade Hídrica.....	19
<b>2.1.1 Disponibilidade Hídrica no Mundo e no Brasil</b> .....	19
2.2 Escassez Hídrica .....	21
2.3 Regiões Hidrográficas (RH) e Unidades Hidrográficas Estaduais (UHEs) .....	22
2.4 Culturas analisadas .....	23
<b>2.4.1 Coco</b> .....	23
<b>2.4.2 Manga</b> .....	24
<b>2.4.3 Melão</b> .....	25
2.5 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).....	26
<b>2.5.1 Introdução à Avaliação do Ciclo de Vida</b> .....	26
<b>2.5.2 Modelos de avaliação de impacto de ciclo de vida</b> .....	27
2.6 Modelo Hidrológico Water Global Assessment and Prognosis (WaterGAP).....	28
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	29
3.1 Modelo de Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida Pfister e Bayer (2014) .....	29
3.2 Área de Estudo .....	32
<b>3.2.1 Estados, UHEs e municípios</b> .....	32
3.3 Fator de Variação (VF).....	37
3.4 Regionalização.....	39
3.5 Comparação entre métodos .....	40
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	41
<b>4.1.1 Original x Regionalização – WSI Anual</b> .....	41
<b>4.1.2 Análise: Estresse Hídrico x Culturas selecionadas</b> .....	43
4.2 WSI mensal .....	43
4.3 Comparação entre métodos – Boulay 2017 .....	46
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	48
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	49
<b>ANEXO A - Tabela de Municípios</b> .....	54
<b>ANEXO B – Células utilizadas – exemplo: Apodí Mossoró – Ano 1961</b> .....	57
<b>ANEXO C – Modelo final – Dados de precipitação – Exemplo: Apodí Mossoró</b> .....	58

<b>ANEXO D – Datos utilizado para elaborar mapa 7 .....</b>	<b>61</b>
---	-----------

## 1. INTRODUÇÃO

A falta de água, a sua má distribuição e as tentativas de como contornar essa situação são assuntos bem destrinchados pela comunidade internacional. Vários países da África e do Oriente Médio, por exemplo, enfrentam grandes problemas em áreas muito importantes como abastecimento humano, dessedentação animal, agricultura, indústria e outros. Não é por acaso que alguns países dessa área são destaque na área de Recursos Hídricos, como Israel e Egito (Portal biosistemas, Universidade de São Paulo, 2012).

O relatório de 2017 apresentado pelo Departamento dos Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas traz dados alarmantes em relação a situação dos recursos hídricos. Em média, cerca de 70% da água consumida no mundo é destinada somente à agricultura, restando apenas 30% para todas as outras atividades e necessidades como: abastecimento humano, dessedentação animal, indústria em geral, pecuária e outros (ONU, 2017). Contudo, o fator mais preocupante, segundo o relatório, é o crescente aumento do consumo per capita de recursos ambientais, e conseqüentemente de água, pelos seres humanos.

Segundo o livro Economia do Meio Ambiente, Peter H. May, 2003, a “correção” desse aumento no padrão de vida é um dos maiores desafios já enfrentados pelo mundo. Para que essa “correção” acontecesse, a sociedade teria que passar por um processo de mudança de hábitos e de diminuição do consumo. Acontece, porém, que vai contra o pensamento capitalista de manutenção e aumento dos bens econômicos e materiais. Segundo o autor, essa situação é muito mais complexa do que, por exemplo, a criação de uma tecnologia para otimizar o uso de água em determinado serviço (Fulano de tal, ano).

Visando uma forma de amenizar os impactos ambientais e incentivar boas práticas de produção, muitos países, principalmente os europeus, já atrelam a compra de produtos a certificados ambientais (SEBRAE, 2016). Assim, países cujos produtores utilizem práticas saudáveis ao meio ambiente e a todo processo no entorno da produção do seu produto são os preferidos pelo mercado.

A partir da necessidade de certificação de produtos, criou-se a ISO 14046 (ISO, 2014), que permite a certificação da pegada hídrica de um produto. Essa certificação requer a contabilização do impacto do consumo de água, no caso da pegada de escassez hídrica, que ocorre em vários processos produtivos relacionados a um produto e que pode acarretar escassez hídrica nas várias regiões provedoras de água (Andrade, 2018).



A contabilização dos impactos causados pelo produto em todo o seu ciclo de vida pode ser feita através da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A ACV é uma metodologia que avalia e quantifica os possíveis impactos ambientais decorrentes de produto ou processo, observando e compilando todas as entradas e saídas ao longo do ciclo de vida (ISO, 2006).

Análise de Impacto Ambiental de Ciclo de Vida (AICV), que corresponde a terceira etapa da ACV, tem como objetivo estudar a importância dos potenciais impactos ambientais causados por conta dos aspectos ambientais inventariados. Esse processo vai ligar os dados do inventário a categorias de impacto, como mudanças climáticas, escassez hídrica, eutrofização.

Desde meados de 2006, vários modelos foram lançados com o intuito de gerar fatores de escassez hídrica para trabalhos de ACV. Entre tais métodos, podemos destacar os seguintes: Frischknecht et al. (2006), Bösch et al. (2007), Milà i Canals et al. (2009), Boulay et al. (2011), Kounina et al. (2013), Bayart et al. (2014), Boulay et al. (2017) e o modelo AWARE (Available Water Remaining). O modelo Pfister foi utilizado com a intenção de comparar os seus resultados com os resultados obtidos no trabalho publicado pela Andrade, 2018, que utilizou o método AWARE para calcular FCs para UHEs do semiárido nordestino.

O modelo Pfister utiliza como indicador o Water Stress Index (WSI) que, segundo Pfister e Bayer (2014), quantifica a fração de água consumida da qual outros usuários são potencialmente privados.

Vários modelos existentes não conseguem quantificar essa fração de maneira real. Por falta de uma regionalização utilizando dados de monitoramento, os resultados acabam que por muitas vezes subestimados ou superestimados. Utilizando o Brasil como exemplo, muitos métodos indicam que não há escassez hídrica no Nordeste pelo fato do nosso país contar com uma região abundante em água, a região norte. Dessa forma, ele apenas que a água existente em todo o Brasil é suficiente para a sua população, porém, ele não considera o fator espaço, que é muito importante, visto a grande extensão territorial do Brasil.

A regionalização dos fatores de escassez hídrica é de extrema importância, visto que é necessário mostrar a realidade do comportamento hídrico do nosso país. Dessa forma, até mesmo as tomadas de decisões por parte de empresas e políticos pode ser feita com uma maior segurança, embasada em dados concretos e sempre visando a saúde hídrica do país.

## **1.2 Objetivo Geral**

- Gerar fatores de caracterização (FCs) de escassez hídrica pelo Modelo Pfister et al. (2009) para as principais Unidades Hidrográficas Estaduais (UHE's) produtoras de Coco, Manga e Melão nos Estados;

## **1.3 Objetivo Específicos**

- Determinar os principais municípios produtores de Coco, Manga e Melão no semiárido (2006-2016);
- Comparar os fatores de caracterização (FCs) propostos nesse trabalho (regionalizados) e os propostos pelo Modelo Pfister (originais).
- Comparar os fatores de caracterização (FCs) regionalizados pelos Modelos AWARE e Pfister;

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Disponibilidade Hídrica

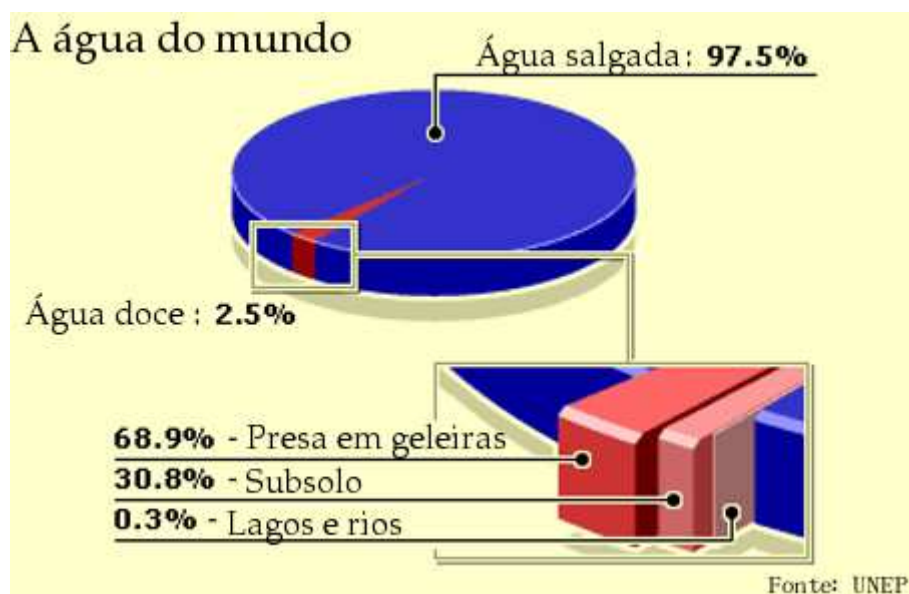
#### 2.1.1 Disponibilidade Hídrica no Mundo e no Brasil

A água é um recurso natural indispensável para à vida no planeta Terra. Além de fazer parte da composição fisiológica dos seres humanos (cerca de 75%) e de outros seres vivos, ela também possui enorme valor econômico, social e ambiental.

Pode-se dizer que a água doce é o mais importante recurso da humanidade, individualmente considerado (DREW, 1983). No entanto, não é abundante em nosso planeta. A Organização das Nações Unidas (ONU), no seu relatório de 2012, estima que apenas 2,5% de toda a água do mundo é doce. Desses 2,5%, cerca de 70% está nas calotas polares ou regiões montanhosas em forma de gelo, tornando inviável o seu uso. Apenas 0,3%, desses 2,5%, está presente em lagos e rios (ONU, 2012).

A falta de água pode limitar diversos setores importantes em qualquer país. No Brasil, por exemplo, a agricultura, seria especialmente afetada por conta da escassez hídrica, uma vez que, nessa condição, a prioridade de uso é do abastecimento humano. Até mesmo a quantidade de energia elétrica produzida seria afetada já que, de acordo com o IBGE a geração hidráulica responde por 63,2% do total de energia do país (IBGE, 2016).

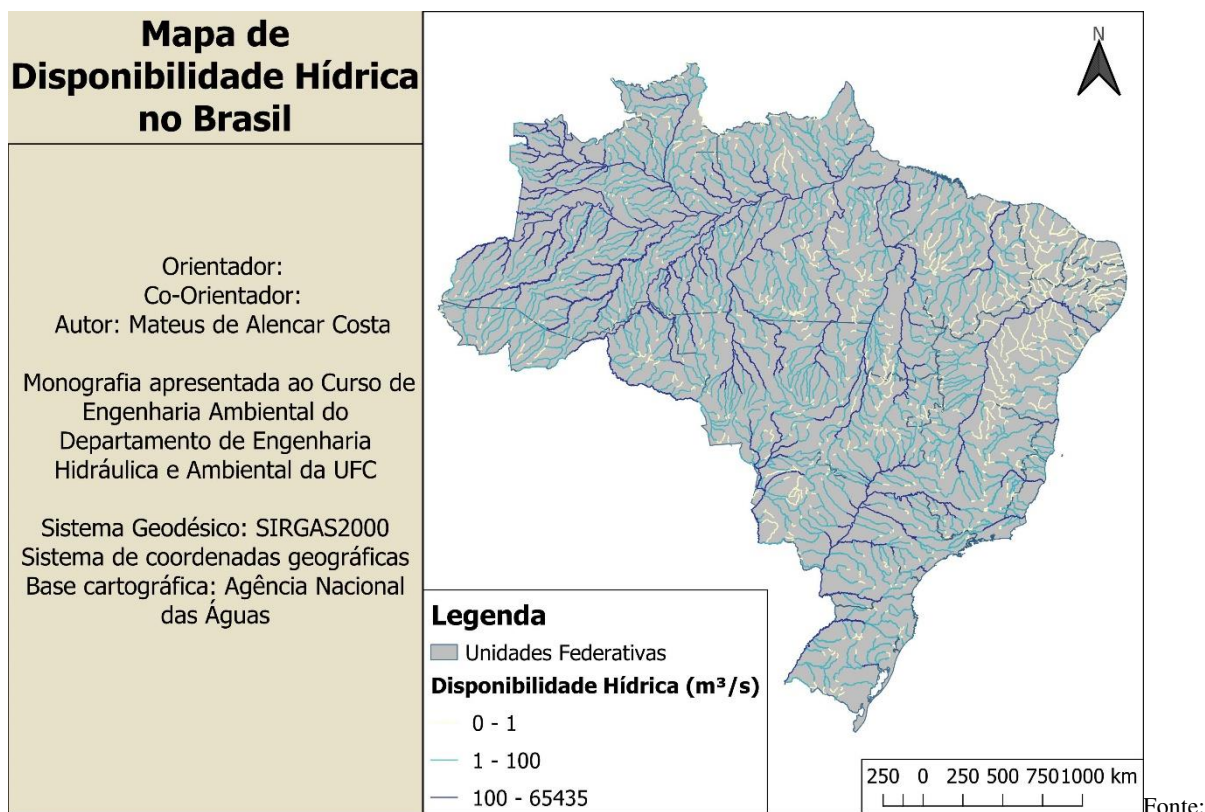
Figura 1 - Distribuição de água do mundo.



O Brasil está em uma situação confortável quando comparado com vários outros países pois, segundo dados de 2017, retirados do site oficial da ANA, o Brasil possui 13% de todas as reservas de água doce do mundo. Infelizmente, o insumo está mal distribuído no país. Cerca de 80% está presente na Região Hidrográfica Amazônica, onde vive a menor parcela da população brasileira e onde se tem menor demanda, contra cerca de 5% da região nordeste, que é a região que mais sofre com a seca (Tabela 1).

Segundo o Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH), cerca de 260.000 m<sup>3</sup>/s de água escoam pelo território do nosso país, sendo a disponibilidade hídrica superficial de 78.600 m<sup>3</sup>/s, sendo 65.617m<sup>3</sup>/s oriundos da bacia amazônica (Mapa 1).

Mapa 1 - Disponibilidade Hídrica no Brasil.



Elaboração do autor (2018).

Ainda de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), as regiões mais próximas do Oceano Atlântico possuem mais de 45% da população brasileira e somente 3% de todo o recurso hídrico do país (ANA, 2018). Para se ter uma ideia da disponibilidade de água para a região nordeste podemos fazer a seguinte conta:

$$DHr = (DH * 0,03)/(PopBrasil * 0,45)$$

Onde:

- DHr = Disponibilidade Hídrica da região;
- DH = Disponibilidade Hídrica superficial;
- 0,03 é a porcentagem de recurso hídrico presente na região (ANA, 2016);
- PopBrasil = População do Brasil (207,6 milhões. IBGE, 2017);
- 0,45 é a porcentagem da população que vive na região (ANA, 2016).

O resultado encontrado é de 360,29 L/dia e representa a disponibilidade hídrica da região em questão para todas as suas atividades: agricultura, indústria, negócios, empresas, dessedentação animal e consumo humano. esse valor é extremamente pequeno quando comparado ao da região norte (316085,46 Litros/dia) e demonstra a má distribuição de água no Brasil e a principal razão dos diversos eventos de falta de água no nosso país.

Além da distribuição heterogênea da disponibilidade de água no Brasil, o regime fluvial sofre variação considerável ao longo do ano (variando também em anos de maior ou menor volume de chuva) que está diretamente relacionado com a intensidade das precipitações, ou seja, da quadra chuvosa. Na maior parte do território brasileiro, as estações chuvosas e de seca são bem definidas. Por conta disso, pode-se observar vazões pequenas (ou até mesmo inexistentes) em vários rios da região semiárida nordestina (ANA, 2016).

## **2.2 Escassez Hídrica**

Segundo Kounina et al. (2013), a escassez hídrica pode ser definida como o uso ou consumo de água que se aproxima ou excede a capacidade natural de regeneração de um corpo hídrico. Infelizmente, o problema da escassez perdura por conta da falta de um mercado voltado estritamente para esse tipo de necessidade. Na maioria das vezes, é necessário retirar água de locais muito distantes, fato que inviabiliza economicamente obras que pudessem amenizar tal problema. Países com mais recursos financeiros, como os Estados Unidos, também podem passar por esse problema, porém, como nações ricas e desenvolvidas, conseguem contornar esse problema.

Somado a esse fato, o aumento do consumo per capita de água e das diversas atividades presentes no mercado, principalmente a agricultura, acenderam um sentimento de preocupação na comunidade internacional. Segundo relatório de 2017 apresentado pelo Departamento dos Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas, o mundo ganha, por ano, cerca de 83 milhões de novos habitantes (ONU, 2017). Nesse ritmo, estima-se que em 2050 a população mundial atinja a marca de 9,8 bilhões de habitantes, fato que vai sufocar todos os recursos ambientais do planeta. Inclusive a água.

Em relação a agricultura, atualmente, 6,95 milhões de hectares estão equipados para irrigação que utilizam cerca de 72% de toda a água do país (ANA, 2017). A média mundial chega a marca dos 70%. São números alarmantes que demonstram a necessidade de reinventar a agricultura contemporânea, buscando otimizar os insumos utilizados.

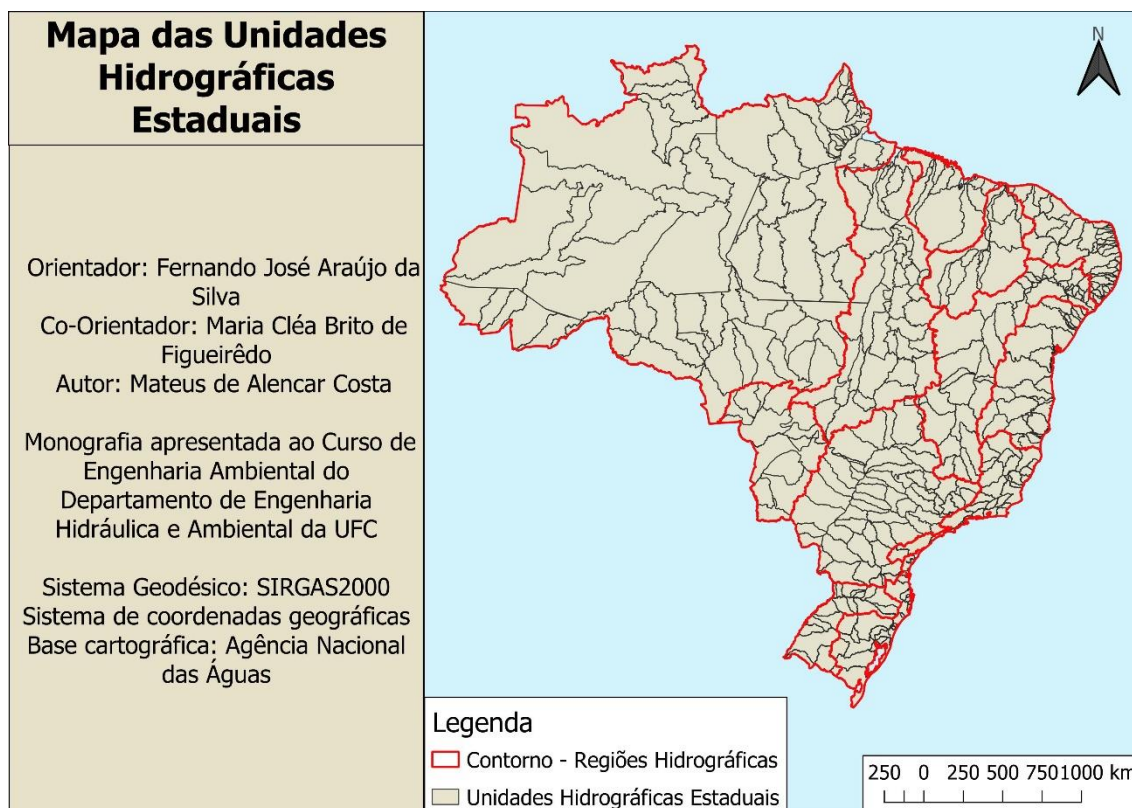
### **2.3 Regiões Hidrográficas (RH) e Unidades Hidrográficas Estaduais (UHEs)**

Instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), o Brasil foi dividido em 12 regiões hidrográficas. São consideradas RHs: bacias, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas adjacentes, desde que elas possuam características naturais, sociais e econômicas similares (ANA, 2018).

As regiões hidrográficas são: Amazônica, Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul, Paraná, Paraguai, Parnaíba, São Francisco, Tocantins-Araguaia e Uruguai.

Segundo a base de dados da ANA, nas 12 regiões hidrográficas do Brasil, existem 449 UHEs. Elas são usadas para facilitar a gestão geopolítica dos recursos hídricos no País e para criação de base de dados (disponibilidade, demanda, qualidade, vazão) (Andrade, 2018). Elas são, ainda, o maior nível de detalhamento utilizado para a elaboração de fatores de caracterização.

Mapa 2 - Unidades Hidrográficas Estaduais e Regiões Hidrográficas do Brasil.



Fonte: Elaboração do autor (2018)

## 2.4 Culturas analisadas

### 2.4.1 Coco

Uma cultura característica de clima tropical e podendo ser encontrada entre as latitudes 23°N e 23°S (FOALE; HARRIES, 2009), o *Cocos nucifera* vem sendo expressivamente cultivado em 90 países. O fruto, na maioria das vezes, destina-se para a produção de copra e óleo, que são os principais subprodutos de maior valor agregado do coco no mercado internacional. Representando cerca de 15,3% da produção mundial de Coco, o Brasil segue uma direção diferente dos outros países nesse quesito, focando na produção de coco seco *in natura*, coco ralado, leite de coco, óleo de coco e água de coco (Martins e De Jesus Jr., 2014).

O mercado da água de coco vem crescendo em ritmo acelerado, com foco nos países europeus que exigem uma água de coco de qualidade e que seja possível saber sua procedência ambiental. Por isso, certificações relacionadas, por exemplo, a pegada de carbono e hídrica,

estão se tornando cada vez mais importantes para essa cultura (Caderno Setorial ETENE, BNB, 2017).

Historicamente, no Brasil, o coqueiro teve suas primeiras plantações na área que hoje se encontra a Bahia, recebendo, por isso, o nome popular de “Coco-da-baía”. Posteriormente, houve uma expansão para outras regiões do Nordeste, especificamente pelo litoral, que é a região que mais produz a cultura. Estados como Ceará, Sergipe e a própria Bahia são os principais produtores de coco do país (Caderno Setorial ETENE, BNB, 2017). O Brasil conta com cerca de 280 mil hectares cultivados da cultura, distribuídos em quase todo seu território, com produção próxima dos dois bilhões de frutos (FAO, 2014).

O coqueiro é uma cultura de alto valor econômico, social e ambiental para as áreas onde é cultivado. Por ser uma cultura de clima tropical o coqueiro está presente em regiões naturalmente mais pobres e de solo não muito fértil. Dessa forma, ele desempenha um grande papel na esfera ambiental de preservação do solo e em recuperação de áreas degradadas, já que é uma cultura que consegue sobreviver em solos de baixa fertilidade e que são suscetíveis a erosão (Martins e De Jesus Jr., 2014) (1).

Além disso, possui outros importantes pontos positivos: possibilidade de consorciação com culturas e animais; produção contínua ao longo do ano; rápido retorno do capital investido e reciclagem dos resíduos gerados (cascas de coco) em nível industrial, gerando emprego e renda. Por exemplo, a Índia chega a lucrar cerca de 70 U\$ de dólares somente com a exportação da fibra que é retirada da casca de Coco (Fontenele, 2005).

#### **2.4.2 Manga**

A manga é reconhecida como o fruto fresco mais consumido em todo mundo (Mouco, 2004). O fruto possui uma adaptação bastante favorável em regiões que possuem períodos chuvosos e secos bem definidos. Além disso, as regiões áridas e semiáridas conseguem proporcionar, devido aos elevados índices de radiação solar e consequente exposição dos frutos, uma coloração mais intensa para o fruto e redução na incidência de doenças (Mouco, 2004). A produção da região semiárida equivale a cerca de 77% da produção total do País e cerca de 90% da exportação nacional da fruta. Já a produção do Brasil, corresponde a 5,7% do produzido no mundo, com quase 1 milhão de toneladas (BNB/ETENE, 2017).

Mesmo a região semiárida apresentando baixos índices pluviométricos, é possível contornar esse problema e continuar com uma grande produção utilizando-se irrigação.



Infelizmente, é necessária uma grande quantidade de água para atender a demanda hídrica da cultura, que requer muita água naturalmente e por conta da alta evapotranspiração.

Contudo, mesmo com esse ponto negativo, a manga desempenha um importante papel econômico e social, principalmente na região do Submédio do Vale do São Francisco, que é onde pode se encontrar os municípios que mais produzem o fruto no Brasil. Com um enorme volume anual de negócios para o mercado interno e externo, a cultura de Manga gera um elevado número de empregos indiretos. Por conta justamente desses negócios e da exigência do consumidor, principalmente externo, a produção começa a atrair novas tecnologias, mão-de-obra qualificada, serviços especializados em todas as etapas de produção (Mouco, 2004).

No quesito social, um dos maiores impactos positivos são sentidos pelos pequenos agricultores. Segundo o IBGE (2009), cerca de 75% das propriedades que declararam produzir manga possuíam áreas com até 5 hectares. Trata-se de um grupo com uma grande capacidade de abastecer parte do mercado interno.

### **2.4.3 Melão**

O melão é considerado umas das hortaliças mais conhecidas do mundo e com uma procura crescente. Em 2016, eram ocupados 1.245.841 hectares e produzidas 31.166.896 toneladas (FAO, 2016).

Segundo dados do IBGE (2016), o Brasil produziu 23.166 toneladas deste fruto em 2016. Dado que mostra a distância para, por exemplo, o México que é o 10º maior produtor de melão do mundo com 547.185,74 toneladas. Mesmo não estando entre os frutos mais produzidos no Brasil, o melão apareceu no topo da lista de 2015 de exportações em volume e faturamento, levando o país para o sexto lugar na lista mundial de exportações.

Mesmo sem a expressividade dos concorrentes internacionais, essa cultura exerce um importante papel econômico e social no Brasil. Além de ser necessário uma mão-de-obra intensiva e qualificada, sendo capaz de manter o trabalhador no meio rural, também é uma fonte de renda estratégica para o Nordeste, que é privilegiado por conta do clima semiárido, quente e seco, que faz com que os frutos apresentem um alto teor de açúcar, mais aroma, consistência e um melhor sabor (Sobrinho et al., 2008).

Segundo o SEBRAE, o Nordeste é responsável por mais de 90% da produção de melão do Brasil. O Estado do Rio Grande do Norte, sozinho, foi responsável por 41,17% da produção nacional e por cerca de 95% do melão que é exportado no ano de 2015. Em 2016, de janeiro até julho, a exportação de melão já tinha rendido U\$ 33.992.801 para o Brasil (IBRAF, 2016).

## **2.5 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)**

### **2.5.1 Introdução à Avaliação do Ciclo de Vida**

A crescente conscientização quanto à importância da proteção ambiental têm aumentado de forma considerável nos últimos anos. A preocupação com os possíveis impactos associados aos diversos produtos, na sua fabricação, no consumo e disposição final, fez com que diversas técnicas fossem elaboradas para melhor compreender e monitorar esses impactos ao longo do ciclo de vida de um produto. Uma das técnicas em desenvolvimento com esse objetivo é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (ABNT NBR ISO 14040, 2009).

A ACV considera aspectos e impactos relacionados a existência do produto (ou serviço) ou seja, desde a extração de cada insumo necessário para a elaboração do produto, até a quando ocorrer o a sua disposição final.

É uma ferramenta importante na questão de tomada de decisão subsidiando os gestores políticos, empresários ou organizações não-governamentais, com dados precisos e, mais importante, fundamentados. Ainda, ajuda de forma contundente a encontrar melhorias no desempenho ambiental de produtos; e no marketing, na questão do rótulo ambiental (Andrade, 2018).

A ACV é composta por 4 etapas, de acordo com a ISO 14040:

1. Definição de objetivo e escopo: É de extrema importância que o objetivo e o escopo sejam definidos e consistentes. Porém, como a ACV tem um comportamento iterativo, o escopo pode (e provavelmente será) ser modificado e ajustado durante o decorrer do estudo. O objetivo vai abranger toda a justificativa do seu estudo, a quem ele é direcionado e para o que ele vai ser utilizado. Além disso, algumas informações são

necessárias para completar essa fase: i) a definição do sistema de produto a ser estudado; ii) a função do produto em questão para o consumidor; iii) e a unidade funcional a ser adotada; (ABNT NBR ISO 14044, 2009). Nessa última etapa também ocorre o planejamento quanto ao levantamento dos dados primários e secundários.

2. **Análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV):** Trata-se do levantamento dos dados de entrada e saída relacionados a cada processo compreendido no sistema do produto em estudo. Nessa etapa, é necessário realizar uma quantificação do uso de insumos e emissões em cada processo. Exemplificando, levanta-se quanto de Fósforo foi utilizado em uma plantação; quanto de CO<sub>2</sub> foi emitido no transporte de fertilizantes; ou o quanto um agricultor gastou de água no processo de irrigação de uma determinada cultura.
3. **Análise de Impacto Ambiental de Ciclo de Vida (AICV):** Essa fase da ACV tem como objetivo estudar a importância dos potenciais impactos ambientais causados por conta dos aspectos ambientais inventariados. Esse processo vai ligar os dados do inventário a categorias de impacto, como mudanças climáticas, escassez hídrica, eutrofização.
4. **Interpretação de resultados:** Nessa etapa avalia-se as limitações do estudo, apontando as incertezas e realizando estudos de sensibilidade. O seu objetivo principal é aumentar a confiança e significado do estudo ACV executado (CHEHEBE, 1997).

### **2.5.2 Modelos de avaliação de impacto de ciclo de vida**

Modelos de caracterização geram fatores de caracterização para cada categoria de impacto. Tais modelos foram elaborados para avaliar os potenciais impactos do consumo de água nos ecossistemas e na saúde humana. Dessa forma, cada modelo utiliza-se de diferentes conceitos de escassez hídrica, escalas de medidas e indicadores, resultando nos fatores de caracterização mencionados. Esses fatores quantificam as consequências ambientais nas categorias de impacto causadas por emissões específicas, consumo de recursos ou serviços. Alguns deles são responsáveis por explicitar os efeitos no nível do endpoint que consideram possíveis danos às áreas de proteção.

Os modelos de caracterização podem ser separados em dois grupos: midpoint e endpoint:

- Os modelos midpoint consideram efeitos ambientais intermediários na cadeia de causa e efeito ambiental.
- Já os modelos de endpoint, consideram o dano causado pelo uso de recursos ou emissões na saúde humana, na depleção dos recursos naturais ou na qualidade dos ecossistemas.

## **2.6 Modelo Hidrológico Water Global Assessment and Prognosis (WaterGAP)**

O modelo WaterGAP calcula os fluxos e os armazenamentos de água doce em todos os continentes do globo (exceto a Antártida) (ÁLCAMO et al., 2003). O modelo considera a influência causada pelo homem sobre os sistemas naturais de água doce, por retiradas e barragens. Ele também é utilizado para fazer a avaliação de escassez de água, secas e inundações quantificando, também, o impacto das ações humanas na água doce.

O Water Global Assessment and Prognosis (WaterGAP) foi desenvolvido em 1996 na Universidade de Kassel e na Universidade de Frankfurt em 2003, ambas localizadas na Alemanha. Esse modelo global de água doce é dividido em dois modelos, Modelo Global Hidrológico e no Modelo Global de Uso de Água (ÁLCAMO et al., 2003):

1. Modelo Global Hidrológico: Esse modelo considera fatores físicos e climáticos e vai computando o escoamento superficial e recarga das águas subterrâneas. Esse procedimento é baseado no cálculo de balanço hídrico do solo e das copas das árvores. O modelo também calcula um balanço hídrico para águas superficiais, computando a vazão hídrica através de um esquema de roteamento de vazão global. O modelo também disponibiliza um método que leva em consideração os efeitos do clima e cobertura do solo no escoamento (ÁLCAMO et al., 2003).

2. Modelo Global de Uso da água: Esse modelo considera fatores socioeconômicos básicos como: uso doméstico, industrial e agrícola (este último engloba irrigação e dessedentação animal). É dividido em: a) Setores doméstico e industrial, considerando os efeitos de mudanças estruturais e tecnológicas no uso da água; b) Setor agrícola, que considera principalmente os efeitos do clima na necessidade hídrica para irrigação.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Modelo de Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida Pfister e Bayer (2014)

O método desenvolvido por Pfister (2009) e aprimorado por Pfister e Bayer (2014) é apenas um dos métodos do AICV de uso de água em que os FCs são baseados no sistema de retiradas de disponibilidade (WTA) do WaterGap2. Utiliza-se um Índice de Estresse Hídrico (Water Stress Index – WSI) que vai quantificar a fração de água consumida da qual outros usuários são potencialmente privados.

Segundo Nuñez et al. (2014), podemos criar categorias de intensidade de estresse hídrico para visualizar os resultados de uma forma mais clara:

- $WSI < 0.09$  = Estresse hídrico baixo;
- $0.09 < WSI < 0.5$  = Estresse hídrico médio;
- $0.5 < WSI < 0.91$  = Estresse hídrico alto;
- $0.91 < WSI < 1$  = Estresse hídrico muito alto;

Foram desenvolvidos, segundo Pfister e Bayer (2014), WSIs para cerca de 11000 bacias hidrográficas localizadas ao redor do mundo.

$$WTA = \frac{\sum WU}{WA}$$

Onde:

- WTA = Retiradas da disponibilidade hidrológica;
- WU = Retiradas de diferentes usuários;
- WA = Disponibilidade anual de água doce.

Fatores de variação (VF) foram utilizados para tentar corrigir o problema de variação no estresse hídrico criando um WTA\* (WTA modificado/compensado). Essa variação ocorre por conta da variabilidade de precipitação anual e mensal que pode provocar elevado WSI.

$$WTA^* = VF \times WTA$$

Onde:

- $WTA^*$  = Retiradas da disponibilidade hidrológica modificado;
- VF = Fator de variação;
- WTA = Retiradas da disponibilidade hidrológica.

$$VF = e^{\sqrt{\ln(S^*mês)^2 + \ln(s^*ano)^2}}$$

Onde:

- $S^*mês$  = Desvio padrão mensal da precipitação
- $S^*ano$  = Desvio padrão anual da precipitação;

As informações de precipitação são disponibilizadas pela Climatic Research Unit (CRU). No arquivo KML disponibilizado (Figura 2), é possível coletar dados da série histórica de precipitação de 1961-1990, que foi utilizada no em Pfister et al. (2009) .

O CRU utiliza um grid global com células de 0.5° de Longitude e 0.5° de Latitude, onde cada uma possuirá uma coordenada. Nessas células estão disponíveis dados de precipitação e temperatura. Os dados relacionados as precipitações são obtidas através de observações mensais feitas por estações meteorológicas espalhadas pelo mundo. A única ressalva é de que a Antártida não faz parte da área coberta pelas células de 0.5° (Harris et al, 2014).

Figura 2 - Dados do Central Research Unit (CRU)



Fonte: Harris et al. (2014).

Logo, para calcular o Índice de Estresse Hídrico (WSI) anual e o índice de Estresse Hídrico mensal, temos as seguintes fórmulas:

Segundo Pfister e Bayer (2014), o WSI mensal é calculado pela seguinte fórmula:

$$WSI = \frac{1}{1 + e^{-9,8 \times WTA_{mês} \times x \left(\frac{1}{0,01} - 1\right)}}$$

Com esses dados calcula-se o WSI, que varia em um intervalo de 0,01 até 1. Um WSI de 0,01 significa que o Estresse Hídrico do local é mínimo e, um WSI de 1 mostra que a área estudada possui um nível máximo de Estresse Hídrico.

## 3.2 Área de Estudo

### 3.2.1 Estados, UHEs e municípios

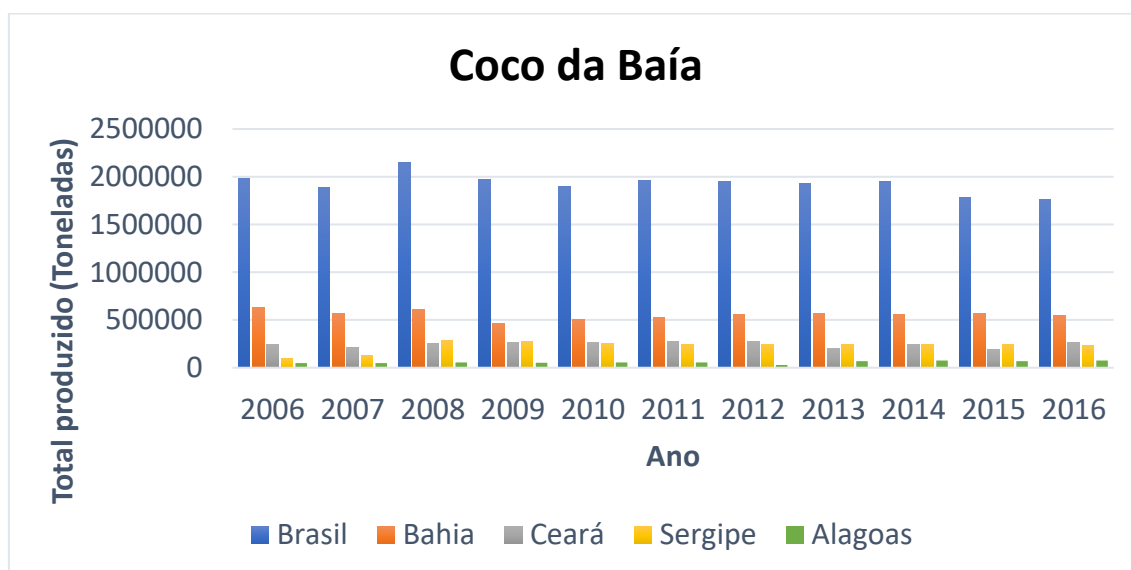
A área de estudo escolhida para esse trabalho foi a área das Unidades Hidrográficas Estaduais nas quais estão presentes os municípios que mais produzem coco, manga e melão. Os fatores de caracterização para a regionalização foram feitos para esse nível de detalhamento. Dessa forma, cada UHE possui um fator regionalizado que demonstra seu comportamento.

A escolha desses locais foi baseada em um levantamento feito através do banco de dados do IBGE, utilizando como critério de escolha os municípios que somados tenham uma produção maior que 50%. Dessa forma, os estados escolhidos, em ordem decrescente de produção, foram (Gráficos 1 a 3):

- Coco da baía: Bahia (28,68%); Ceará (12,64%); Sergipe (11,65%); Alagoas (2,98%);
- Manga: Bahia (41,08%); Pernambuco (17,96%);
- Melão: Rio Grande do Norte (41,17%); Ceará (29,40%).

Além disso, procurando retratar melhor a realidade da produção dessas culturas, foi utilizado uma série histórica de 11 anos (2006 até 2016) para se obter uma média do total produzido por esses estados e municípios (municípios em anexo).

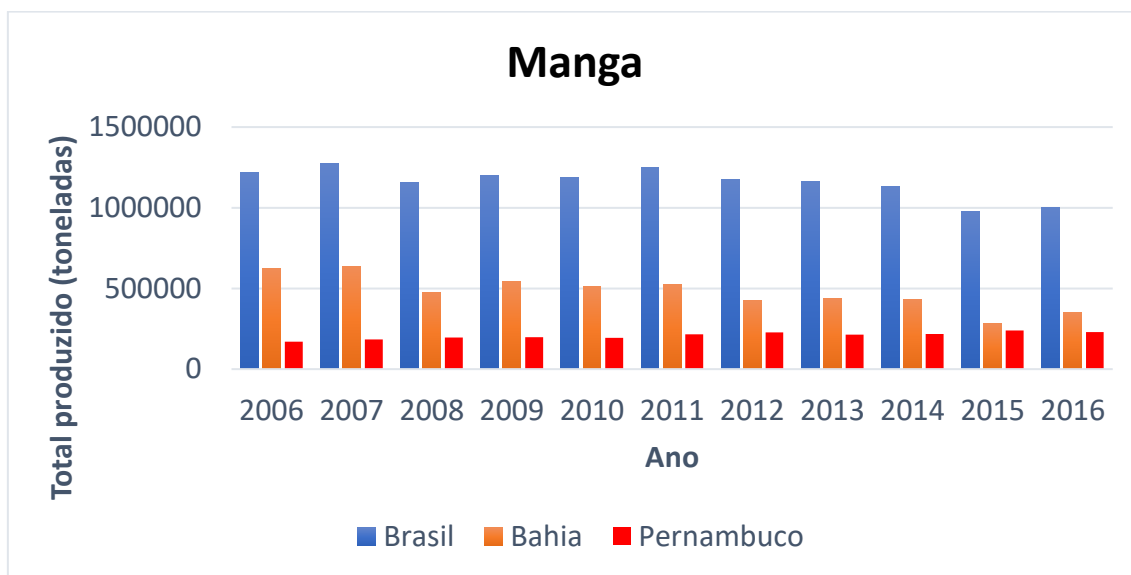
Gráfico 1 - Referente ao total produzido de Coco por ano. País x Estados. Série Histórica: 2006 – 2016.



Fonte dos Dados: Sidra/IBGE. Elaboração do autor (2018).

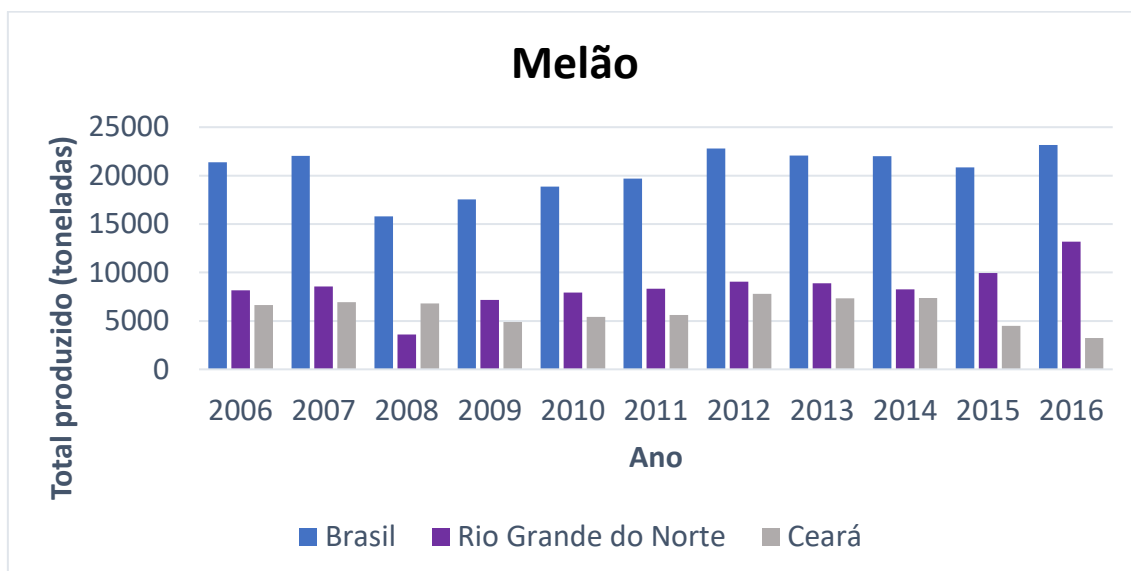


Gráfico 2 - Referente ao total produzido de Manga por ano. País x Estados. Série Histórica: 2006 - 2016.



Fonte dos Dados: Sidra/IBGE. Elaboração própria.

Gráfico 3 - Referente ao total produzido de Melão por ano. País x Estados. Série Histórica: 2006 - 2016.



Fonte dos Dados: Sidra/IBGE. Elaboração própria.

Em seguida, na tabela 1, podemos ver a relação Estado-UHE-Município, ou seja, em qual estado cada UHE fica, e em qual UHE cada município se encontra. Em alguns casos os municípios escolhidos não estavam 100% dentro da área da unidade hidrográfica, porém, possuía um valor muito próximo disso. Essa delimitação foi feita utilizando o software livre de geoprocessamento QGIS.

No total foram selecionados 24 municípios diferentes e 25 Unidades Hidrográficas Estaduais. Municípios como Juazeiro-BA, por exemplo, que se repetiram em duas ou mais culturas foram contabilizados apenas uma vez. O mesmo vale para as UHEs.

Tabela 1 - Relação entre UHE - Município – Cultura.

Estado	Relação UHE – Município – Cultura		
	UHE	Município(s)	Cultura(s)
Bahia	Real BA	Jandaíra	Coco
	Pardo BA	Canavieiras	Coco
	Itapirucu	Acajutiba, Conde, Esplanada	Coco
	Leste	Canavieiras	Coco
	Recôncavo Norte	Acajutiba, Esplanada	Coco
	De Contas	Livramento de Nossa Senhora	Manga
	Salitre	Juazeiro	Coco, Manga
	Macururé e Curaçá	Juazeiro, Rodelas	Coco, Manga
Alagoas	Piauí AL	Coruripe, Piaçabuçu	Coco
	Coruripe	Coruripe, Piaçabuçu	Coco
	Litoral Norte AL	Maragogi	Coco
	São Miguel	Coruripe, Marechal Deodoro	Coco
	CELMM	Marechal Deodoro	Coco
Sergipe	São Francisco SE	Pacatuba	Coco
	Piauí SE	Estância, Santa Luzia do Itanhy	Coco
	Caueira/Abaís	Estância	Coco
Ceará	Acaraú	Acaraú	Coco
	Coreaú	Acaraú	Coco
	Curu	Paraipaba	Coco
	Litoral	Acaraú, Itarema, Paraipaba	Coco
	Metropolitana	Beberibe	Coco
	Baixo Jaguaribe	Icapuí, Quixeré	Melão
Rio Grande do Norte	Apodí	Mossoró	Melão
Pernambuco	GI8	Petrolina	Manga
	Pontal	Petrolina	Manga

Fonte: Elaboração do autor (2018).

Observando os mapas 3,4, 5 e 6 pode-se identificar, para cada cultura, a localização das unidades hidrográficas selecionadas e os municípios que mais produzem:

➤ **Coco da baía:**

- Alagoas: Coruripe, Maragogi, Marechal Deodoro e Piaçabuçu;
- Bahia: Acajutiba, Canavieiras, Conde, Esplanada, Jandaíra, Juazeiro, Rodelas;
- Ceará: Acaraú, Beberibe, Itarema e Paraipaba;
- Sergipe: Estância, Pacatuba, Santa Luzia Itanhy.

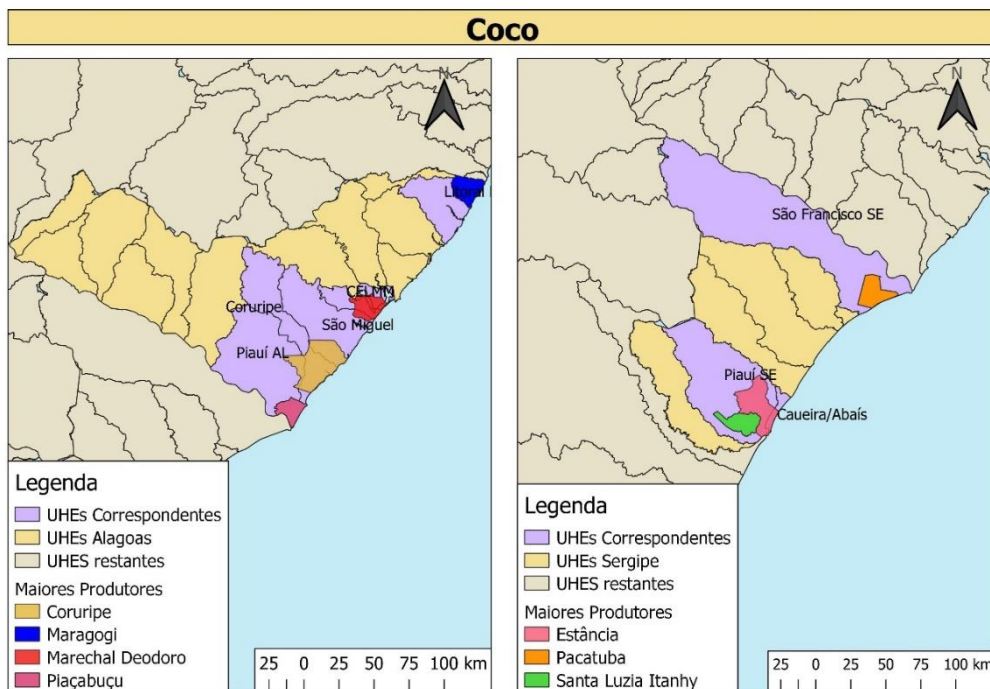
➤ **Manga:**

- Bahia: Juazeiro, Livramento de Nossa Senhora;
- Pernambuco: Petrolina.

➤ **Melão:**

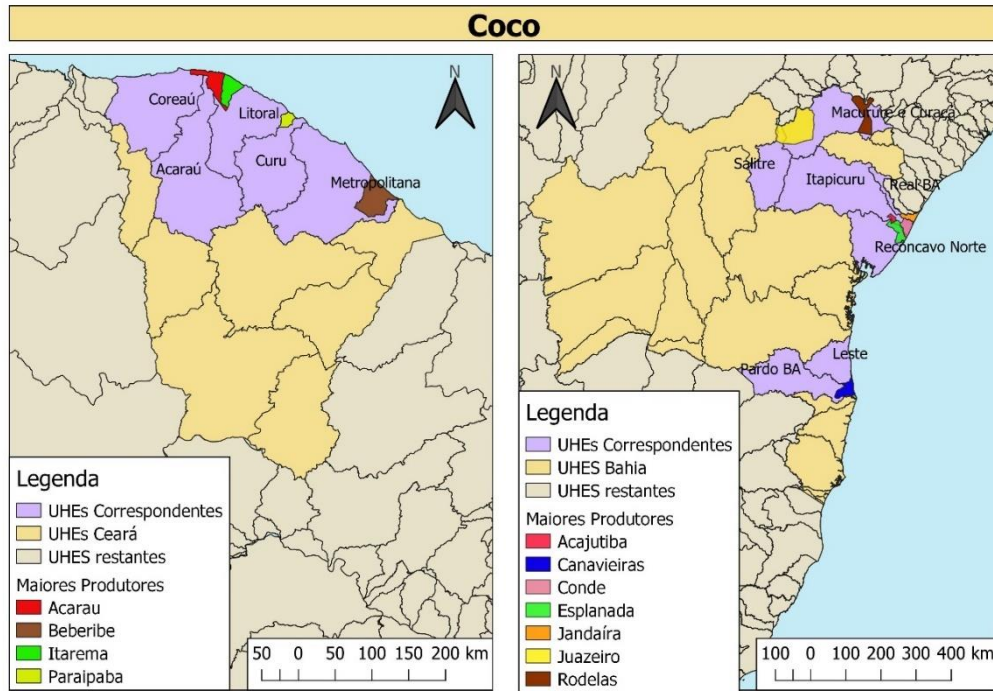
- Ceará: Icapuí e Quixeré;
- Rio Grande do Norte: Mossoró;

Mapa 3 - Municípios com maior produção de Coco e UHEs correspondentes. Alagoas e Sergipe.



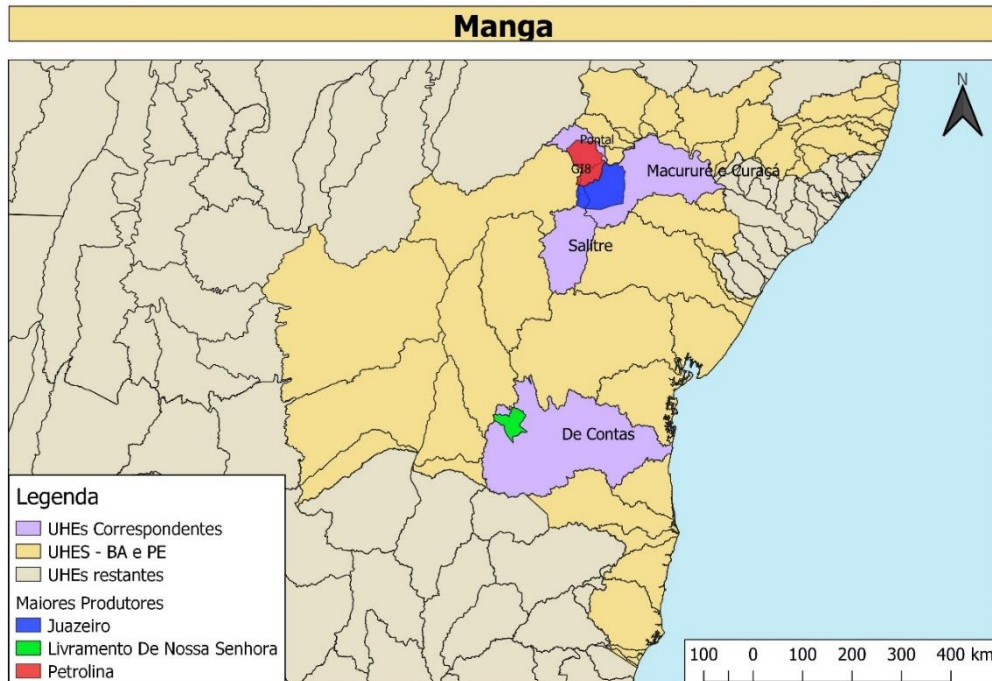
Fonte: Elaboração do autor (2018).

Mapa 4 - Municípios com maior produção de Coco e UHEs correspondentes. Ceará e Bahia.



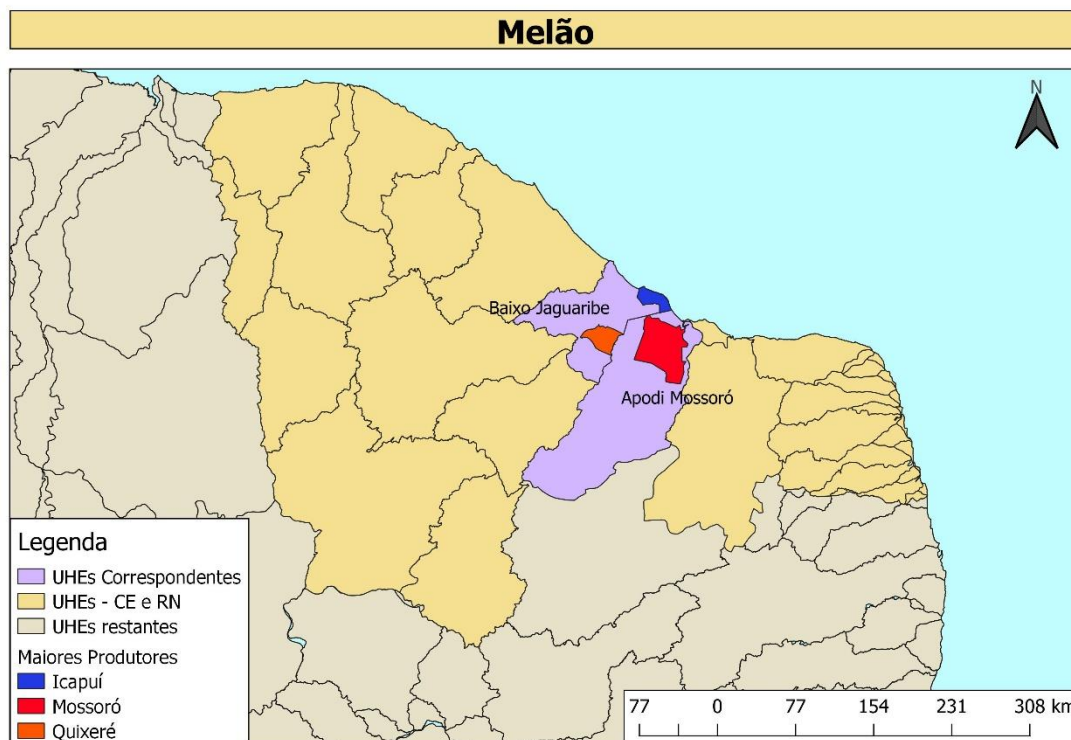
Fonte: Elaboração do autor (2018).

Mapa 5 - Municípios com maior produção de Manga e UHEs correspondentes. Bahia.



Fonte: Elaboração do autor (2018).

Mapa 6 - Municípios com maior produção de Melão, e UHEs correspondentes.



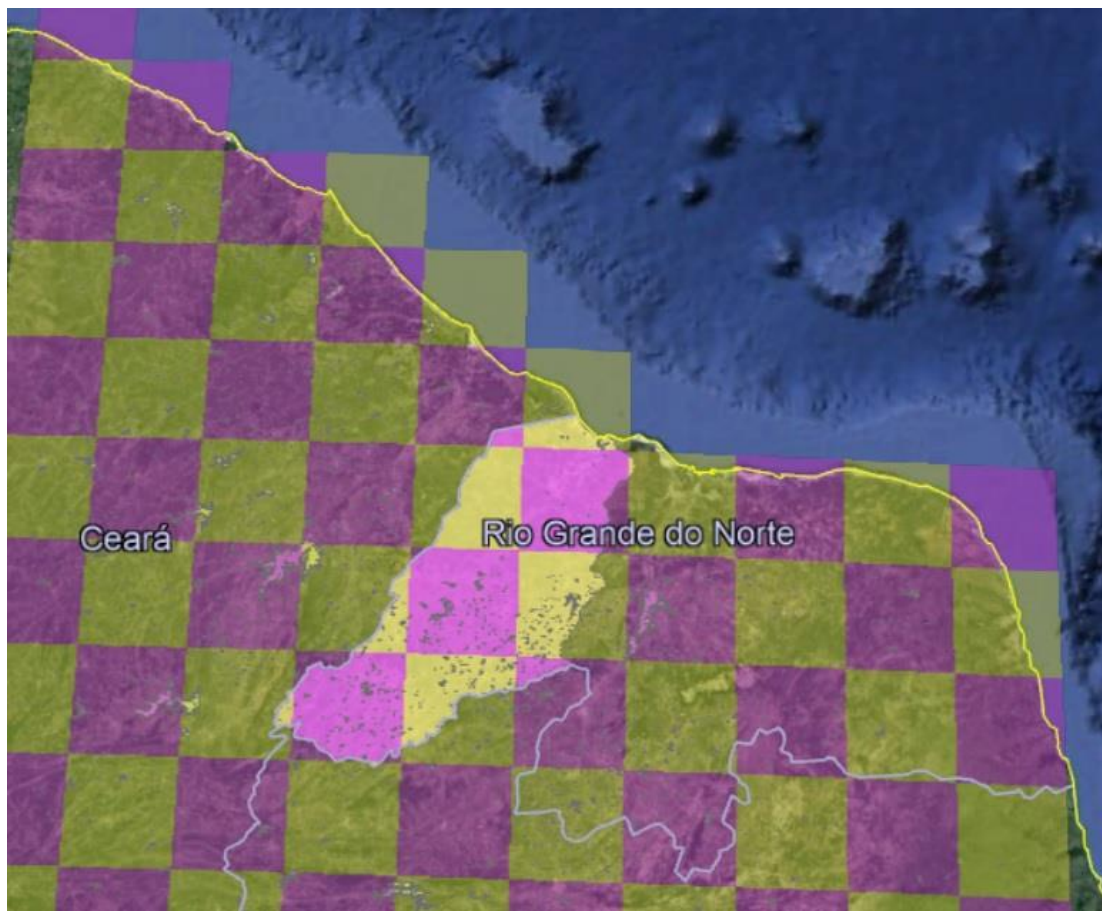
Fonte: Elaboração do autor (2018).

### 3.3 Fator de Variação (VF)

Segundo Pfister et al. (2009), é necessário a obtenção de dados de precipitação para achar os valores de desvio padrão mensal e anual da precipitação para que seja possível realizar o cálculo do fator de variação. Por isso, foram coletados dados de janeiro de 1961 até dezembro de 2016 – que é a última data disponível – através do arquivo kml (figura 2) disponibilizado pelo trabalho do Harris et al. (2014).



Figura 3 - Dados do Central Research Unit (CRU). Análise da UHE Apodí Mossoró



Fonte: Harris et al. (2014).

Como podemos ver na figura 3, várias células de 0.5° compõem a área da UHE Apodí Mossoró. Logo, devemos fazer uma média dos dados de precipitação de todas essas células para obtermos um valor que represente toda a unidade hidrográfica estadual.

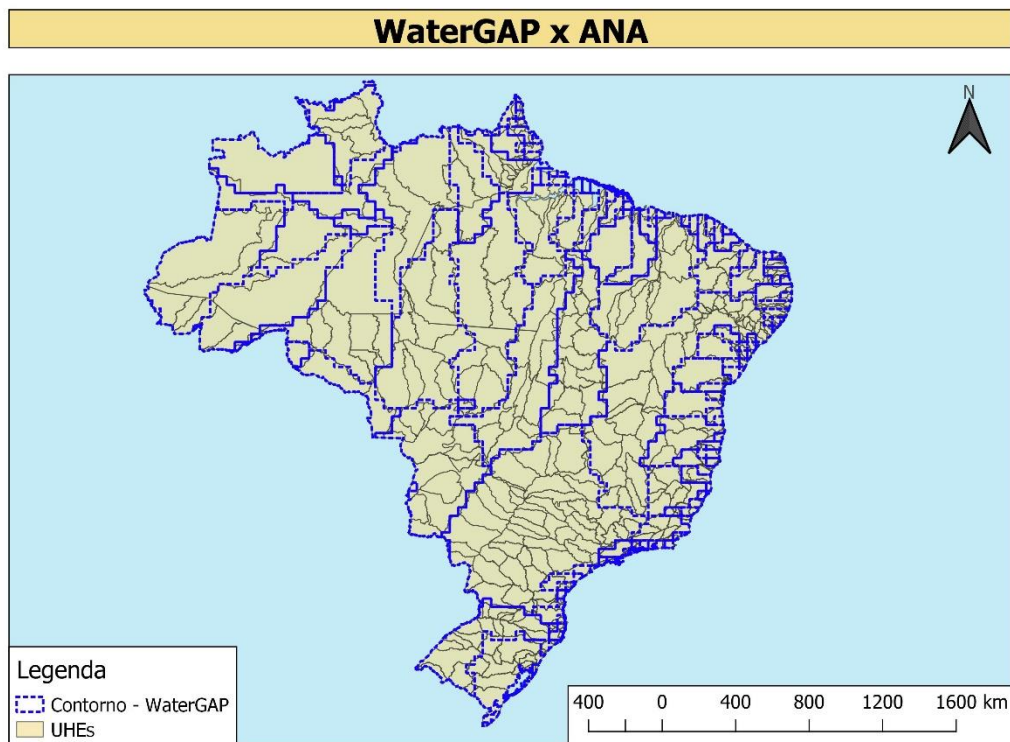
Utilizando a Apodí Mossoró como exemplo, devemos escolher para o cálculo da média aquelas células que possuem uma área considerável dentro da extensão territorial da UHE. Dessa forma, nove foram selecionadas para compor a média. As coordenadas são: [4.75S 37.25W] ; [5.25S 37.25W] ; [5.25S 37.75W] ; [5.75S 37.25W] ; [5.75S 37.75W] ; [5.75S 38.25W] ; [5.25S 37.25W] ; [5.25S 37.75W] ; [6.25S 38.25W]. Os dados e os resultados podem ser encontrados no anexo x e x.

Com os valores de desvio padrão anual e mensal, podemos calcular o VF, como manda a equação x. Logo, o VF para a UHE Apodí Mossoró será:  $VF = 4,283922$

### 3.4 Regionalização

A regionalização proposta procura utilizar áreas menores com o intuito de que os resultados sejam mais precisos. Os métodos ditos “originais” utilizam desenhos de bacias propostos pelo WaterGAP e a regionalização utilizaria os desenhos das Unidades Hidrográficas Estaduais (UHEs) da ANA para realizar seus cálculos. A seguir, o mapa 7 demonstra a diferença dos contornos utilizados pelo WaterGAP e os desenhos das UHEs.

Mapa 7 - Comparação de contornos de bacias: WaterGAP x ANA



Fonte: Elaboração do autor (2018).

Para dar um exemplo da diferença das áreas dos dois contornos, podemos analisar a bacia do São Francisco. Pela ANA, o São Francisco é dividido em cerca de 48 UHEs. Já pelo WaterGAP, o São Francisco é apenas um grande bloco. Isso pode causar incertezas e erros nos cálculos, já que o WaterGAP considera que essa região possui um único comportamento, desprezando as particularidades de cada região que a bacia do São Francisco engloba. Dessa forma, a regionalização é utilizada com o intuito de diminuir ao máximo esses erros e tentar mostrar a realidade vivida nessas regiões.

### 3.5 Comparação entre métodos

Segundo metodologia proposta por Boulay et al. (2017), é possível comparar dois métodos diferentes de escassez hídrica através da seguinte fórmula:

$$RE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (\log x_{1,t} - \log x_{2,t})^2}{n}}$$

Onde,

- $X_1$  = FC Aware;
- $X_2$  = FC Pfister;
- $N$  = Quantidade de pares comparados multiplicado pela quantidade de meses;
- RE = Desvio Médio Quadrático

Antes de utilizar a fórmula os métodos precisam ter seus valores normalizados para que fiquem em uma escala entre 0 e 1.

O termo RE é uma medida da proximidade entre os dois métodos comparados, ou seja, quanto mais próximo de 0 for o valor, maior a proximidade entre os métodos. Porém, o método não fornece um intervalo de máximo, deixando em aberto esse valor.

Após obter o RE é necessário para calcular o “square geometric standard deviation” (Desvio Padrão Geométrico ao quadrado) que vai conseguir definir o 95º intervalo de confiança. Logo, quanto menor o valor de RE, conseqüentemente o de  $GSD^2$ , maior é a proximidade entre os métodos. Para calcular  $GSD^2$ :

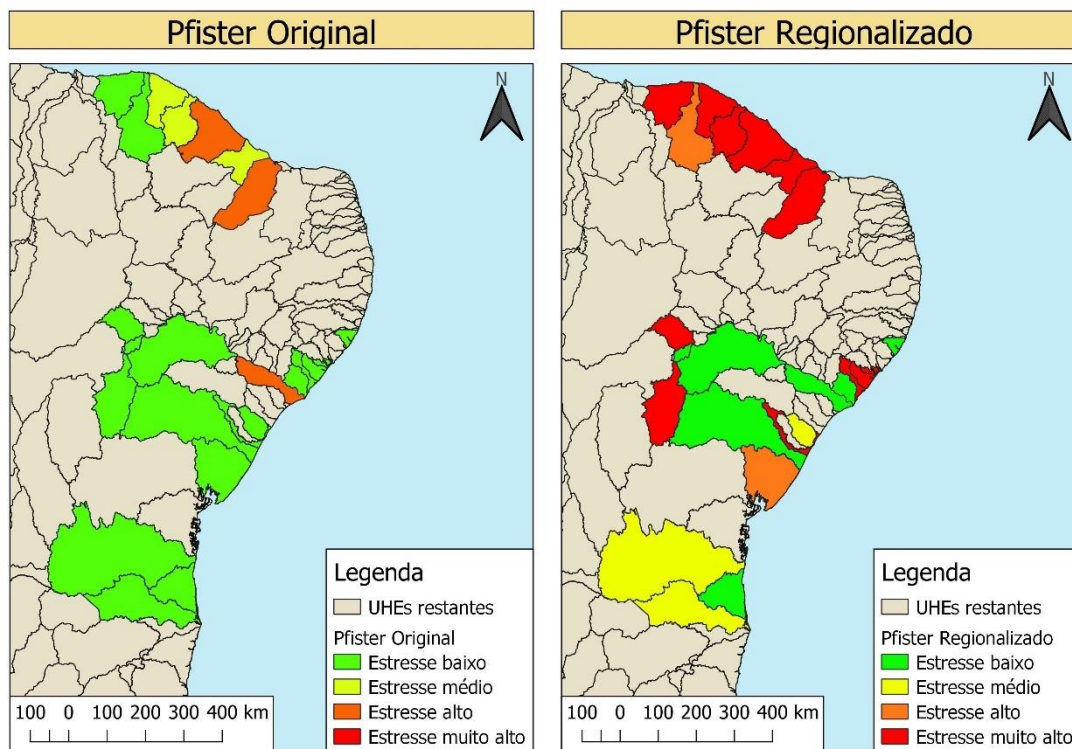
$$GSD^2 = 10^2 RE$$



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1.1 Original x Regionalização – WSI Anual

Mapa 8 - Comparação Pfister Original x Pfister Regionalizado



Fonte: Elaboração do autor (2018).

O mapa 8 é de extrema importância para o estudo de escassez hídrica, visto que é possível comparar visualmente, e de forma simples, a diferença de resultados causada pela regionalização. O método regionalizado mostra um cenário bem mais preocupante, porém mais real. Segundo o método original, das 25 UHEs analisadas existe escassez hídrica em apenas 3 UHEs, já que segundo Nuñez et al. (2014), para ser considerado como um cenário de escassez, a UHE deve estar nas categorias de estresse alto ou muito alto.

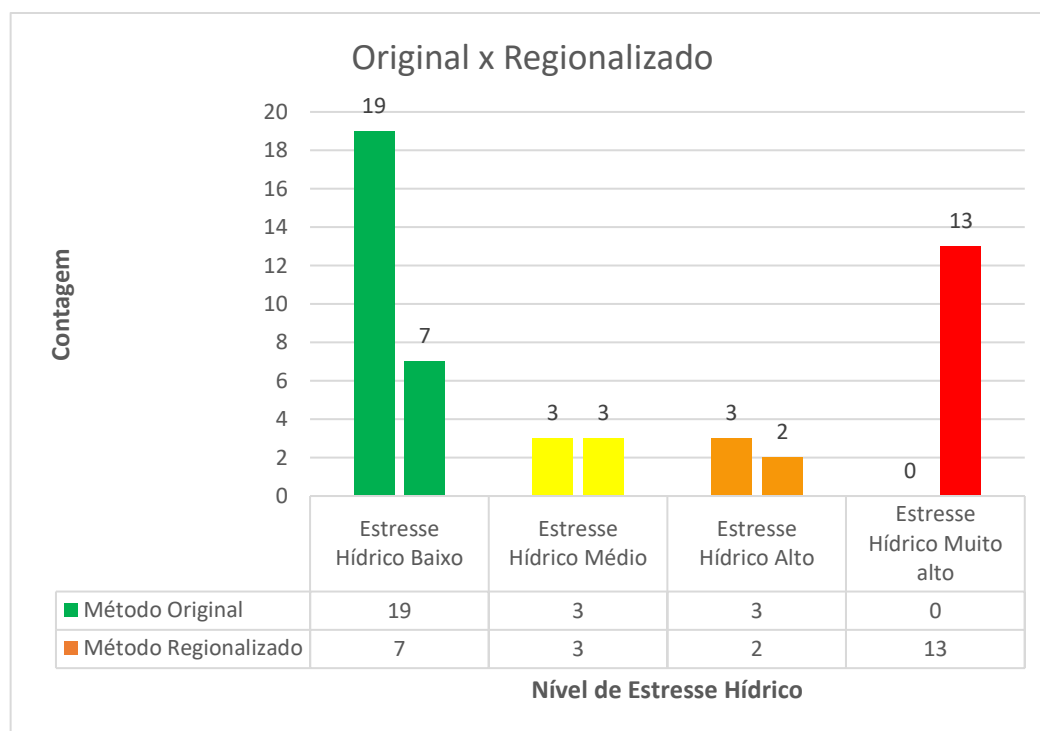
No total, seguindo os critérios estabelecidos, foram selecionadas 25 UHEs. No método original não haviam UHEs na categoria de “escassez hídrica muito alta” e já no regionalizado, 13 UHEs estavam inseridas nessa categoria. Vale ressaltar que 8 UHEs saíram da categoria de menor escassez hídrica “escassez hídrica baixa” para a categoria de maior escassez, “escassez hídrica muito alta”.

Infelizmente, sabe-se que a região semiárida sofre, de fato, com a escassez hídrica. Segundo dados da conjuntura da ANA de 2017, 48 milhões de pessoas foram afetadas por secas (duradoura) ou estiagens (passageiras) no território nacional entre 2013 e 2016 (ANA, 2017). Além disso, considerando apenas o ano de 2016, ano mais crítico em impactos para a população, 18 milhões de habitantes foram afetados por estes fenômenos climáticos que causam escassez hídrica, sendo que 84% dos impactados viviam no Nordeste (ANA, 2017).

Ainda, segundo notícia publicada pela EBC em 20/03/2018, o ministro da integração nacional Helder Barbalho informa que o Brasil possui 917 municípios em crise hídrica, sendo que 815 estão localizados na região Nordeste.

A seguir, no gráfico 4, é possível ver a diferença na quantidade de UHEs em cada categoria para fatores originais e regionalizados.

Gráfico 4 - Diferença na quantidade de UHEs por categoria em cada método.



Fonte: Elaboração do autor (2018).

#### **4.1.2 Análise: Estresse Hídrico x Culturas selecionadas**

Ainda analisando o mapa 8, podemos fazer algumas observações sobre qual é o nível de escassez hídrica das regiões que essas culturas estão inseridas.

Visualizando o mapa 8, vemos que os principais municípios produtores de melão, e suas respectivas UHEs (Apodí-mossoro e Baixo Jaguaribe), estão totalmente inseridos em áreas de estresse hídrico muito alto. Apesar de os agricultores preferirem fazer o plantio do melão justamente em época mais secas, por conta das peculiaridades do melão, essa demanda hídrica agrava ainda mais a situação dessas áreas. No gráfico 3 é possível verificar a queda da produção de melão do estado do Ceará. O Rio Grande do Norte, maior produtor de melão, conseguiu driblar os problemas de escassez hídrica utilizando poços profundos.

Em relação a Manga, também houve uma diminuição no total produzido. No gráfico 2, podemos ver que o total produzido pela Bahia, estado que mais produz manga no Nordeste, e pelo Brasil caiu. Essa cultura está localizada, em maior quantidade, nas UHEs de Salitre e De contas (na Bahia) e Pontal, no Pernambuco. Apenas a UHE de De contas não está localizada em área de estresse hídrico muito alto.

A cultura menos prejudicada pela escassez hídrica é a cultura do coco. As UHEs de Itapicuru e Piauí AL são classificadas como estresse hídrico baixo e, a UHE Real BA, estresse médio.

#### **4.2 WSI mensal**

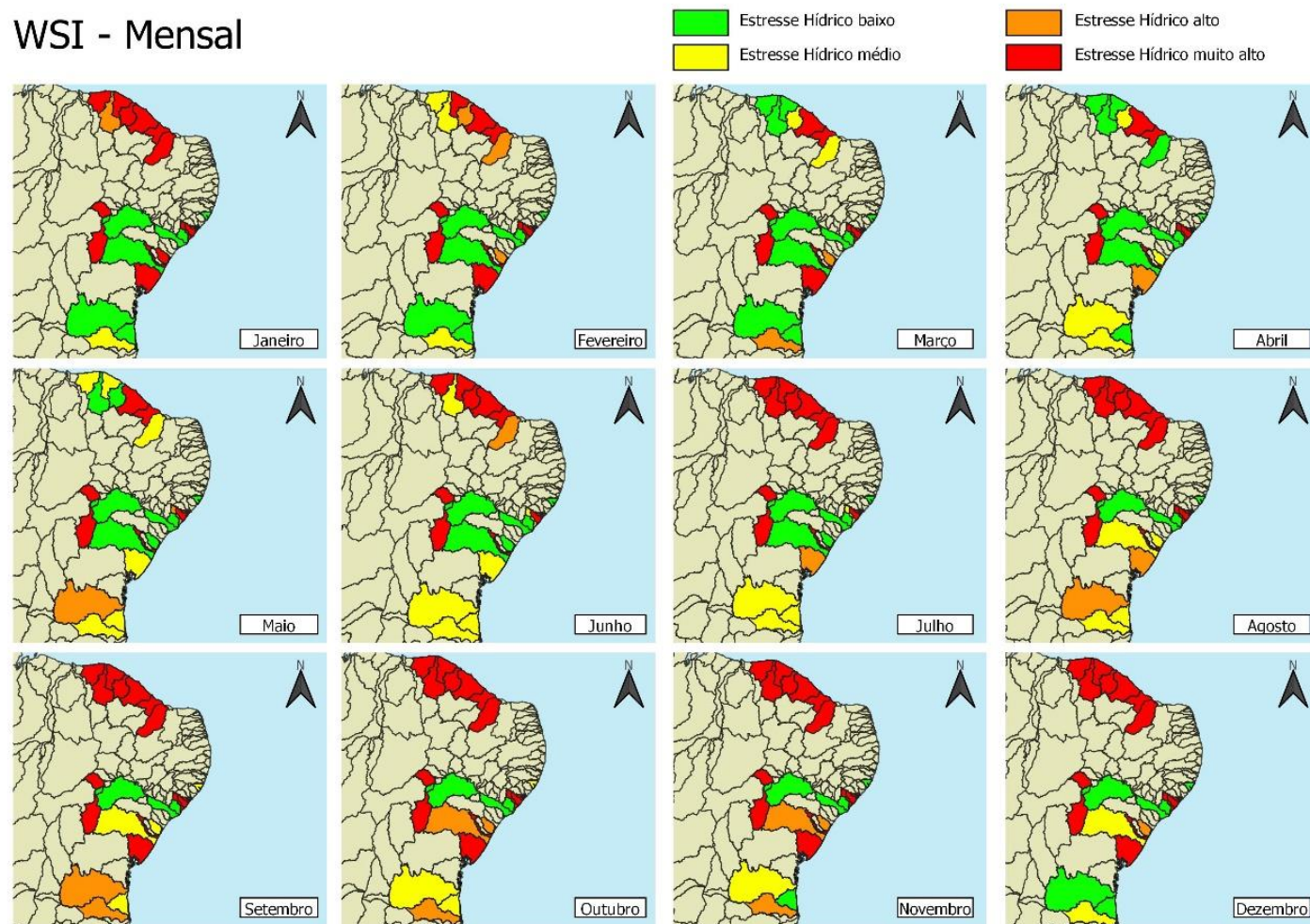
Outro importante resultado é o WSI mensal obtido (mapa 9) para todos os meses do ano e para todas as UHEs analisadas. Seu estudo e análise é de extrema importância pelo fato de existirem culturas perenes (Coco e Manga) e temporárias (Melão). No período de julho até dezembro a região norte do estado do Ceará está toda inserida na categoria de “escassez hídrica muito alta” e só começa a melhorar, um pouco, em fevereiro. As UHEs presentes na região: Acaraú, Beberibe, Itarema e Paraipaba fortes na plantação de coco e Icapuí e Quixeré, em Melão. Somente nos meses de Março, Abril e Maio essas UHEs estão em períodos de baixo estresse hídrico.

Algumas culturas mesmo durante o período chuvoso da região, ainda necessitam de irrigação, como, por exemplo, o coco, que precisa adquirir uma qualidade específica para que a água de coco seja produzida com qualidade e quantidade.

No caso do melão, que é uma cultura temporária, as condições climáticas do Nordeste permitem o desenvolvimento e produção da cultura do melão com possibilidade de plantios e colheitas durante o ano todo, salvo algumas exceções. Porém, agronomicamente, o período mais adequado para o seu plantio é durante os meses de agosto a novembro, evitando os períodos de grande pluviosidade, já que eles podem causar grandes prejuízos para a cultura (COSTA; LEITE, 2007). Dessa forma, seu plantio e irrigação fica exatamente no período de maior escassez hídrica das UHEs do Ceará: Icapuí e Quixeré, e da UHE do Rio Grande do Norte, Apodí Mossoró.

Mapa 9 - Variação mensal do WSI por UHE

### WSI - Mensal



Fonte: Elaboração do autor (2018)

### 4.3 Comparação entre métodos – Boulay 2017

Utilizando o método criado por Boulay et al. 2017, para comparar diferentes métodos de escassez hídrica, Pfister original x Pfister regionalizado (tabela 2) e Pfister regionalizado x método AWARE regionalizado (tabela 3).

Tabela 2 - Comparação: Pfister Original x Regionalizado

UHE	Pfister Original x Pfister Regionalizado		
	$(\text{Log}x_1 - \text{Log}x_2)^2$	RE	GSD <sup>2</sup>
Acaraú	2,3971	0,3387	33,87
Caueira/Abais	3,1864		
CELMM	2,7841		
Coreaú	3,0246		
Coruripe	2,8628		
Curu	0,2281		
Itapirucu	0,3302		
Leste	0,1558		
Litoral	0,3438		
Litoral Norte AL	0,1452		
Metropolitana	0,0679		
Pardo BA	0,3416		
Piauí AL	0,0219		
Piauí SE	1,3564		
Real BA	2,9613		
Recôncavo Norte	1,9771		
Salitre	2,8640		
São Francisco SE	2,8777		
São Miguel	2,7841		
De Contas	0,5619		
GI8	0,0093		
Macururé e Curaçá	0,0259		
Pontal	2,9785		
Apodí	0,0251		
Baixo Jaguaribe	0,1125		

Fonte: Elaboração do autor (2018).

Tendo em vista o resultado obtido na tabela 2,  $\text{GSD}^2 \approx 33,87$ , pode-se inferir que as duas metodologias, regionalizado ou não, apresentam resultados distintos. Como discutido no tópico 4.1, o método regionalizado apresenta valores mais condizentes com a realidade pelo fato de utilizar regiões menores em seus cálculos.

Tabela 3 - Comparação: AWARE regionalizado x Pfister regionalizado.

Aware Regionalizado	Aware Reg. Normalizado	Pfister Regionalizado	Aware Regionalizado x Pfister Regionalizado		
			$(\text{Log}x_1 - \text{Log}x_2)^2$	RE	GSD <sup>2</sup>
72,00	0,7197	0,8587	0,0059	0,1513	15,13
100,00	1,0000	0,9997	0,0000		
100,00	1,0000	1,0000	0,0000		
90,30	0,9029	1,0000	0,0020		
81,00	0,8098	0,9988	0,0083		
85,80	0,8579	1,0000	0,0044		
37,60	0,3754	0,0698	0,5334		
7,90	0,0781	0,0319	0,1512		
91,40	0,9139	1,0000	0,0015		
99,60	0,9960	0,0348	2,1222		
100,00	1,0000	1,0000	0,0000		
23,00	0,2292	0,2151	0,0008		
0,07	0,1000	0,0144	0,7061		
13,80	0,1371	0,2493	0,0674		
90,40	0,9039	0,9717	0,0010		
15,20	0,1512	0,5941	0,3533		
71,94	0,7191	0,9996	0,0205		
0,06	0,1000	0,0109	0,9261		
100,00	1,0000	1,0000	0,0000		
15,50	0,1542	0,1629	0,0006		
0,03	0,1000	0,0163	0,6223		
0,19	0,0009	0,0127	1,3226		
82,75	0,8273	1,0000	0,0068		
79,70	0,7968	1,0000	0,0097		
100,00	1,0000	1,0000	0,0000		

Fonte: Elaboração do autor (2018).

A comparação realizada na tabela 3 tem a intenção de avaliar a proximidade dos dados de dois métodos regionalizados, AWARE e Pfister. O valor obtido de aproximadamente 15,13 mostra que existe, de fato, uma semelhança significativa entre os seus resultados. Segundo Boulay (2017), uma diferença por volta de 12 demonstra uma proximidade razoável entre dois métodos analisados.

É importante ressaltar, porém, o aumento de precisão da primeira situação (tabela 2) para a segunda situação (tabela 3). Mesmo o método AWARE utilizando uma metodologia diferente do Pfister, o aumento de precisão foi possível através da regionalização dos dados utilizados.

## 5. CONCLUSÃO

A utilização de fatores de escassez hídrica é de extrema importância para o processo de avaliação de impactos relacionados ao consumo de água em estudos de ACV. No presente trabalho, os fatores de caracterização dos modelos propostos por Pfister et al. (2009) e Pfister e Bayer (2014) foram regionalizados.

Segundo a análise dos dados expostos, foi possível constatar a diferença no mesmo método Pfister, regionalizado versus não regionalizado. O fato de 8 UHEs saírem da categoria de menor estresse hídrico para a de maior estresse hídrico mostra a vulnerabilidade dos dados obtidos no método original. O resultado obtido utilizando o método proposto por Boulay (2017) demonstra, também, uma diferença entre os métodos.

Foi possível, também, constatar a proximidade razoável entre métodos regionalizados analisando AWARE versus Pfister com um resultado de  $GSD^2 \approx 15$ .

A utilização de fatores de caracterização regionalizados é de grande importância para que os resultados mostrem a realidade da área estudada. Pelo fato de utilizarem bacias menores, os cálculos desses fatores vão apresentar uma incerteza bem menor e, conseqüentemente, vão aperfeiçoar os estudos de escassez hídrica considerando o ciclo de vida de produtos.

Para os próximos trabalhos recomenda-se a elaboração desses fatores para outras regiões produtoras das mesmas culturas. Dessa forma, será possível comparar os resultados entre regiões com características físicas diferentes. Propõe-se também a adaptação do método de comparação entre métodos diferentes, visto que o fato de os métodos não estarem na mesma escala, o resultado final pode apresentar possíveis inconsistências.



## 6. REFERÊNCIAS

(1) MARTINS, Carlos Roberto; DE JESUS JÚNIOR, Luciano Alves. Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: Panorama 2014. **Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2014. Disponível em: <[http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2011/doc\\_164.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_164.pdf)>.

ALCAMO, J. et al. Development and testing of the WaterGAP 2 global model of water use and availability. **Hydrological Sciences Journal**, v. 48, n. 3, p. 317-337, 2003.

ANDRADE, E. **Regionalização para o semiárido brasileiro de método de avaliação de ciclo de vida para escassez hídrica**. 2018. 168 f. Tese (Mestrado em Saneamento Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas Irrigação Uso da Água na Agricultura Irrigada**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <[http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017\\_rel-2.pdf/view](http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-2.pdf/view)>. Acessos em: julho-dezembro, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Relatório da ANA apresenta situação das águas do Brasil no contexto de crise hídrica**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/relatorio-da-ana-apresenta-situacao-das-aguas-do-brasil-no-contexto-de-crise-hidrica>>. Acessos em: julho-dezembro, 2018.

BANCO DO NORDESTE. **Nordeste em mapas – Economia Agropecuária**. Disponível em <[https://www.bnb.gov.br/mapa\\_economia\\_edicoes\\_anteriores](https://www.bnb.gov.br/mapa_economia_edicoes_anteriores)>. Acessos em: julho-dezembro, 2018.

BANCO DO NORDESTE. Caderno Setorial ETENE. **A adaptação do nordeste ao cenário de modernização da cocoicultura brasileira**. Disponível em <[https://www.bnb.gov.br/documents/80223/2666752/18\\_coco\\_V4.pdf/93f42437-8108-ebc6-0f78-0cd8f41957b0](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/2666752/18_coco_V4.pdf/93f42437-8108-ebc6-0f78-0cd8f41957b0)>. Acessos em: julho-dezembro, 2018.

BOULAY, A. M. et al. The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: Assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). **The International Journal of Life Cycle Assessment**, p. 1-11, 2017.

COSTA, N. D. A cultura da manga. **Área de Informação da Sede (INFOTECA-E)**, 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/120501>>

COSTA, N.D.; LEITE, W. de M. **Potencial agrícola do solo para o cultivo do melão**. In: CURSO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2007, Barreiras. Palestras...Barreiras: MAPA, SFA-BA: Embrapa Semiárido, Embrapa Solos- UEP Recife, 2007. 1 CD-ROM.

EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO. **Agricultura é a quem mais gasta água no Brasil e no mundo**. Disponível em <<http://www.ebc.com.br/noticias/internacional/2013/03/agricultura-e-quem-mais-gasta-agua-no-brasil-e-no-mundo>>. Acessos em: julho-dezembro, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **A importância econômica da cocoicultura no Brasil**. Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducaolf6\\_1galceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-2&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=7703&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoId=7829](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7703&p_r_p_-996514994_topicoId=7829)>. Acessos em: julho-dezembro, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo da mangueira**. Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducaolf6\\_1galceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-2&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=7743&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoId=8288](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7743&p_r_p_-996514994_topicoId=8288)>. Acessos em: julho-dezembro, 2018.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Coping with water scarcity: An action framework for agriculture and food security**. Rome, FAO 2012. Disponível <<http://www.fao.org/docrep/016/i3015e/i3015e.pdf>> Acesso em: outubro de 2018.

FONSECA, N. et al. A cultura da Manga. **Área de Informação da Sede (INFOTECA-E)**, 2015. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1032475>>.

FONTENELE, R. E. S.; Cultura do coco no Brasil: caracterização do mercado atual e perspectivas futuras, 2005. **XLIII Congresso da SOBER**. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/168.pdf>>.

HARRIS, I. et al. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 3, 2013.

Mais de 800 municípios do Nordeste enfrentam crise hídrica. **Portal T5**, Paraíba, 21 março 2018. Disponível em: <<https://www.portalt5.com.br/noticias/paraiba/2018/3/70077-mais-de-800-municipios-do-nordeste-enfrentam-crise-hidrica>>. Acessos em: julho-dezembro, 2018.

Mais de 95% do melão exportado pelo Brasil é produzido no RN. **G1, Globo**, Rio Grande do Norte, 18 setembro 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/mais-de-96-do-melao-exportado-pelo-brasil-e-produzido-no-rn.ghtml>>. Acessos em: julho-dezembro, 2018.

MARTINS, C. R.; JESUS JÚNIOR, L. A. de; Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: panorama 2014. **Embrapa Tabuleiros Costeiros (INFOTECA-E)**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1014433>>.

MOUCO, MA do C. Cultivo da mangueira. **Embrapa Semiárido-Sistema de Produção (INFOTECA-E)**, 2004. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/884451/1/CultivodaMangueira.pdf>>.

NUNEZ, M. et al. Spatial and temporal specific characterisation factors for water use impact assessment in Spain. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.20, n. 1, p. 128-138, 2015.

PFISTER, S.; BAYER, P. Monthly water stress: spatially and temporally explicit consumptive water footprint of global crop production. **Journal Clean Production**, v. 73, p. 52-62, 2014.

PFISTER, S.; KOEHLER, A.; HELLWEG, S. Assessing the environmental impacts of freshwater consumption in LCA. **Environmental Science & Technology**, v. 43, n. 11, p. 4098–4104, 2009.

SEBRAE. Boletim de inteligência. **Fruticultura**. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/3e48870e607bdcc4c945d4a81de6d689/\\$File/7265.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/3e48870e607bdcc4c945d4a81de6d689/$File/7265.pdf)>. Acessos em: julho-dezembro, 2018.

SEBRAE. **O cultivo e o mercado do melão**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-do-melao,5^8837b644134410VgnVCM2000003c74010aRCRD>>. Acessos em: julho-dezembro, 2018.

SEBRAE. Relatório de inteligência. **Sustentabilidade – Certificações verdes**. Disponível em: <[http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Publica%C3%A7%C3%B5es/2016\\_7\\_CERTIFICA%C3%87%C3%95ES\\_VERDE.pdf](http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Publica%C3%A7%C3%B5es/2016_7_CERTIFICA%C3%87%C3%95ES_VERDE.pdf)>.

SOBRINHO, Raimundo Braga Sobrinho Braga et al. **Produção integrada de melão**. Embrapa Agroindústria Tropical: Banco do Nordeste do Brasil, 2008.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Portal de biosistemas. **Soluções de Engenharia de Biosistemas aplicadas em Israel**. 2012. Disponível em: <<http://www.usp.br/portalbiosistemas/?p=5071>>. Acessos em: julho-dezembro, 2018.

ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS. Desenvolvimento. **A ONU e o desenvolvimento**. 2018. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/desenvolvimento/>>. Acessos em: julho-dezembro, 2018.



### ANEXO A - Tabela de Municípios

Ano	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total produzido
<b>Coco da baía</b>												
<b>País</b>												
Brasil	1985478	1887336	2149322	1973366	1895635	1962434	1954354	1926857	1946073	1785805	1766164	21232824
<b>Estado</b>												
Bahia	628376	565816	609623	467080	502364	529464	553759	566531	552836	571516	542217	6089582
<b>Município</b>												
Acajutiba (BA)	80496	55900	64500	72000	72000	72000	72000	72000	40000	40000	40000	680896
Esplanada (BA)	123552	85800	99000	33198	30180	30180	36000	36000	48000	60000	48000	629910
Jandaíra (BA)	47200	47200	40000	40000	36000	36000	45000	45000	51480	51480	51480	490840
Conde (BA)	90000	90000	78000	22500	20250	40230	20250	20250	20655	20000	30000	452135
Rodelas (BA)	3070	1728	2970	3540	3540	6924	36000	72000	85380	85450	85380	385982
Juazeiro (BA)	23067	25784	39666	37322	66538	57957	42624	37398	6400	6400	6500	349656
Canavieiras (BA)	10350	15000	17500	15000	17500	22500	23750	23000	26000	26000	26000	222600
<b>Estado</b>												
Ceará	243513	210514	253972	259368	266263	274092	272060	206071	246959	189398	262226	2684436
<b>Município</b>												
Trairi (CE)	30128	19509	31035	31299	32074	33824	35139	15952	19637	22074	28594	299265
Paraipaba (CE)	25753	25763	26467	16806	16806	16820	17071	17036	75325	45852	93601	377300
Itarema (CE)	21136	12868	20475	21128	21902	23023	23480	7035	11050	11020	16433	189550
Acaraú (CE)	20004	12618	20812	20957	22881	22810	24459	10184	9043	5286	12694	181748
Beberibe (CE)	13474	13685	14247	14782	14431	14881	15107	16011	16570	17200	16494	166882
<b>Estado</b>												
Sergipe	97190	129457	281355	279203	253621	239373	242852	240855	239211	240203	230646	2473966
<b>Município</b>												
Estância (SE)	10572	10584	97312	97312	80209	80213	78612	78612	78625	78625	63580	754256
Santa Luzia do Itanhy (SE)	6020	6020	46665	46665	46665	46665	46665	46665	46650	46650	45400	430730
Pacatuba (SE)	17930	18000	16610	16610	16830	16685	16685	16685	16685	16685	17434	186839

<b>Estado</b>												
Alagoas	50233	47704	54600	53083	55320	54031	29287	69772	75462	67800	75136	632428
<b>Município</b>												
Coruripe (AL)	8800	8100	12177	11650	11506	11606	11448	11490	34766	23238	28200	172981
Piaçabuçu (AL)	7034	7254	7053	6999	8212	8647	7055	7055	7055	7021	7021	80406
Marechal Deodoro (AL)	4770	4505	4110	4040	3990	3944	...	21216	2237	2237	2237	53286
Maragogi (AL)	3000	3000	3577	3570	3577	2992	...	2992	3615	4560	4560	35443
<b>Manga</b>												
<b>País</b>												
Brasil	1217187	1272184	1154649	1197694	1189651	1249453	1175735	1163000	1132463	976012	1002189	12730217
<b>Estado</b>												
Bahia	625812	634715	471983	540158	509676	522471	422763	437919	430594	280342	353689	5230122
<b>Município</b>												
Juazeiro (BA)	302957	311550	209484	225800	204792	212450	205250	210236	55380	44730	108900	2091529
Livramento de Nossa Senhora (BA)	82500	90000	90000	105000	105000	126000	54000	86450	99750	52000	52000	942700
<b>Estado</b>												
Pernambuco	170333	183496	196507	196908	194315	215566	226921	214117	218679	239423	230381	2286646
<b>Município</b>												
Petrolina (PE)	140000	146000	150000	150000	160000	157600	173800	173360	157600	178200	180180	1766740

<b>Melão</b>												
<b>País</b>												
Brasil	21366	22048	15788	17559	18870	19701	22810	22062	22001	20837	23166	226208
<b>Estado</b>												
Rio Grande do Norte	8157	8570	3591	7182	7943	8327	9062	8900	8260	9959	13183	93134
<b>Município</b>												
Mossoró (RN)	4400	5000	2000	6000	6000	6200	6300	6300	6300	6750	8000	63250
<b>Estado</b>												
Ceará	6629	6923	6803	4888	5431	5629	7794	7329	7349	4482	3242	66499
<b>Município</b>												
Icapuí (CE)	1600	1700	1800	1800	2850	2200	3600	3400	3000	1600	1029	24579
Quixeré (CE)	3110	3115	3120	1250	480	1100	1350	1360	1150	800	50	16885



**ANEXO B – Células utilizadas – exemplo: Apodi Mossoró – Ano 1961**

<b>PRECIPITAÇÃO</b>											
4.75S 37.25W	5.25S 37.25W	5.25S 37.75W	5.75S 37.25W	5.75S 37.75W	5.75S 38.25W	5.25S 37.25W	5.25S 37.75W	6.25S 38.25W	ANO	MÊS	MÉDIA PRECIPITAÇÃO
88,3	136,2	123,7	204,1	191,3	195,6	192	162,1	223,8	1961	1	168,567
244,6	182	233,6	224,1	204,7	208,1	202,6	187,4	181,7	1961	2	207,644
255,1	301,5	290,2	385,2	305,6	389,6	340	322,2	412,7	1961	3	333,567
296,9	310,3	302,2	323,8	294,2	204,6	197,7	172,7	188,3	1961	4	254,522
67,9	81,2	65	82,1	82,1	87,1	52,5	106,2	98,5	1961	5	80,289
25,2	19,5	26,5	17,8	20,6	13,5	8,1	13,4	6,8	1961	6	16,822
41,6	24,1	25,7	24,9	30	22,3	7	11,7	18,9	1961	7	22,911
0	0	0,2	0	0	0,7	2	0	1,1	1961	8	0,444
0,2	0	1,1	0	0	0	0	2	1,1	1961	9	0,489
0,1	0	4,5	0	2,3	0,5	0,1	2,9	1,7	1961	10	1,344
0	0	0	0	0,6	1,1	0,7	1,1	0,7	1961	11	0,467
9	0,2	6,8	0,3	0	0	0	0,7	0	1961	12	1,889

**ANEXO C – Modelo final – Dados de precipitação – Exemplo: Apodí Mossoró**

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total anual	Ln Total anual
1961	168,57	207,64	333,57	254,52	80,29	16,82	22,91	0,44	0,49	1,34	0,47	1,89	1088,96	6,99
1962	32,37	58,06	225,72	128,99	76,24	11,52	4,56	0,31	8,10	0,34	3,07	38,31	587,59	6,38
1963	97,48	193,11	326,40	200,41	30,34	11,48	2,93	0,93	0,11	2,04	9,14	110,36	984,74	6,89
1964	143,33	202,00	229,51	245,10	182,62	47,41	71,10	16,61	32,52	0,40	1,40	1,80	1173,81	7,07
1965	108,70	19,70	199,32	321,94	113,67	143,78	10,22	5,29	4,29	9,06	0,38	8,83	945,18	6,85
1966	20,47	144,39	91,47	113,11	98,94	58,12	35,81	8,10	16,41	0,19	8,44	11,12	606,58	6,41
1967	11,92	173,17	283,91	269,22	159,46	39,46	28,80	4,47	1,04	1,34	0,01	41,52	1014,32	6,92
1968	81,01	42,89	319,41	132,19	152,23	19,96	14,90	4,53	0,73	5,57	3,50	52,21	829,13	6,72
1969	77,37	40,43	169,71	108,07	101,97	52,82	60,70	18,52	2,19	0,60	0,22	2,93	635,53	6,45
1970	85,18	46,69	186,39	91,62	16,71	8,68	10,44	6,07	0,82	4,33	1,62	5,87	464,42	6,14
1971	68,40	106,19	193,90	254,84	117,42	70,98	38,34	22,14	2,22	25,61	14,64	6,56	921,26	6,83
1972	33,07	123,41	154,18	213,93	69,59	84,60	8,62	41,81	2,11	1,28	1,73	75,89	810,22	6,70
1973	66,86	64,47	175,56	275,89	118,98	117,30	59,02	21,12	16,49	16,08	2,34	17,63	951,73	6,86
1974	209,50	192,58	280,57	381,99	185,08	51,56	58,10	6,52	24,70	5,87	12,07	90,17	1498,69	7,31
1975	40,61	119,71	251,82	142,76	234,44	96,31	98,02	6,12	5,64	1,74	6,83	44,71	1048,73	6,96
1976	26,99	151,16	249,98	122,16	28,53	14,68	5,93	3,21	0,13	34,14	9,41	39,58	685,90	6,53
1977	140,81	113,33	183,03	266,58	136,28	133,74	52,72	1,72	0,86	0,73	5,16	45,98	1080,94	6,99
1978	42,13	107,41	147,61	148,34	171,60	60,10	47,30	4,40	10,27	2,22	22,07	11,54	775,00	6,65
1979	34,09	129,56	88,40	89,74	76,29	35,32	7,79	7,92	22,52	2,37	13,00	15,16	522,16	6,26
1980	37,12	281,23	165,23	52,89	18,61	36,32	3,00	0,12	2,09	9,59	3,57	21,07	630,84	6,45
1981	47,42	42,49	313,91	46,62	28,22	14,17	0,11	0,00	0,00	0,11	12,82	51,21	557,09	6,32
1982	25,41	73,98	119,34	200,08	88,54	21,30	22,86	14,91	3,57	2,54	2,73	29,47	604,73	6,40
1983	11,99	87,13	110,53	42,90	13,83	4,89	0,74	3,89	1,11	0,01	0,31	3,27	280,61	5,64
1984	28,07	43,53	269,42	281,40	197,88	52,32	30,64	15,83	5,27	5,33	0,41	2,08	932,19	6,84
1985	152,81	357,03	289,20	426,76	156,31	116,00	105,71	19,13	4,42	0,06	0,61	95,83	1723,88	7,45
1986	88,21	154,31	373,11	227,17	112,36	76,39	34,42	21,68	15,26	10,23	14,97	6,36	1134,46	7,03
1987	47,80	95,37	246,92	92,33	18,32	56,47	5,60	0,51	0,10	0,43	0,36	0,33	564,54	6,34
1988	38,37	77,66	219,34	244,34	120,22	64,49	36,46	10,56	15,64	0,37	2,66	43,03	873,13	6,77
1989	57,66	35,12	171,53	391,72	164,38	57,79	104,79	13,81	6,13	2,71	3,56	129,34	1138,54	7,04

1990	6,91	121,64	55,28	84,00	67,38	12,20	27,93	7,10	6,11	2,87	3,16	1,90	396,48	5,98
1991	52,66	90,17	195,27	99,53	143,70	20,34	2,31	5,59	0,04	0,21	3,28	0,80	613,90	6,42
1992	121,68	177,27	169,80	100,09	8,31	22,93	4,74	3,89	1,73	0,01	3,27	2,41	616,13	6,42
1993	27,37	26,36	39,51	27,39	58,91	8,16	17,67	0,62	4,27	9,89	7,34	2,44	229,92	5,44
1994	119,49	196,09	253,10	137,96	20,60	154,61	17,23	7,27	4,73	5,06	3,08	21,28	940,49	6,85
1995	41,20	64,91	181,81	268,62	158,02	53,81	33,84	1,09	0,70	0,82	18,34	7,94	831,12	6,72
1996	92,93	102,44	193,39	239,31	94,76	16,56	14,56	12,26	3,14	4,22	12,47	8,19	794,22	6,68
1997	33,42	76,13	219,32	180,81	99,52	18,83	21,59	11,08	0,10	3,92	6,29	29,33	700,36	6,55
1998	87,44	36,04	60,53	81,99	69,54	12,88	25,14	11,16	0,69	0,96	11,11	41,59	439,08	6,08
1999	64,72	72,49	206,17	84,19	150,17	14,54	19,99	1,50	4,97	11,14	7,19	42,40	679,47	6,52
2000	96,86	89,68	145,64	193,52	78,61	63,51	39,88	33,23	17,30	1,09	1,57	50,76	811,64	6,70
2001	47,41	94,40	178,79	116,18	47,14	89,37	33,83	2,00	15,23	5,24	4,00	33,01	666,61	6,50
2002	157,23	70,10	200,72	191,47	144,12	84,48	18,32	1,70	11,13	3,96	3,98	20,94	908,16	6,81
2003	91,82	106,29	237,98	144,91	100,88	45,30	10,94	3,67	3,54	1,26	2,10	32,23	780,92	6,66
2004	202,86	176,51	145,30	78,37	69,20	121,28	32,98	12,98	7,08	0,24	0,82	38,84	886,46	6,79
2005	67,11	56,64	174,06	97,37	151,26	83,88	12,64	4,17	0,27	0,59	0,02	42,59	690,59	6,54
2006	21,82	92,68	236,77	224,64	201,51	84,92	14,67	2,86	2,39	6,34	4,61	51,54	944,76	6,85
2007	14,81	210,33	109,23	130,40	99,92	33,14	12,64	1,50	0,67	0,16	0,99	34,02	647,82	6,47
2008	71,57	75,41	380,84	152,92	231,27	20,61	38,06	8,77	15,53	0,30	2,32	64,82	1062,42	6,97
2009	59,56	123,83	242,57	325,03	149,48	53,66	81,69	22,40	0,54	3,96	4,31	24,28	1091,30	7,00
2010	84,20	29,92	119,12	153,21	39,27	90,09	9,18	0,67	0,21	13,36	1,97	89,38	630,57	6,45
2011	186,02	162,52	162,41	161,26	156,60	39,28	38,67	15,31	0,72	16,02	12,23	7,00	958,04	6,86
2012	19,16	106,20	89,53	46,49	23,09	32,24	2,47	0,77	0,21	1,06	0,77	9,13	331,11	5,80
2013	50,31	36,29	35,29	119,50	70,46	56,61	31,48	2,78	1,18	2,19	12,77	66,32	485,17	6,18
2014	17,88	57,92	317,62	143,72	146,74	19,56	30,81	3,34	9,79	7,59	18,17	56,32	829,47	6,72
2015	26,68	101,34	185,67	103,19	71,16	26,77	43,03	3,93	1,21	0,26	0,26	15,23	578,72	6,36
2016	96,84	56,79	167,38	106,19	63,42	24,63	1,80	1,03	1,23	0,57	0,47	21,91	542,27	6,30

Desvio padrão anual	0,381768411
---------------------	-------------

Total Mensal	3983,66	6094,16	11072,11	9559,88	5784,40	2878,96	1620,67	463,34	319,98	249,92	304,37	1820,68
--------------	---------	---------	----------	---------	---------	---------	---------	--------	--------	--------	--------	---------

Ln Total Mensal	8,29	8,72	9,31	9,17	8,66	7,97	7,39	6,14	5,77	5,52	5,72	7,51	Desvio padrão mensal	1,403886422
-----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	----------------------	-------------

**ANEXO D – Dados utilizado para elaborar mapa 7**

UHes	Pfister Original		Pfister Regionalizado		Cultura
Acaraú	0,0243	Estresse Hídrico Baixo	0,8587	Estresse Hídrico Alto	<b>Coco</b>
Caueira/Abais	0,0164	Estresse Hídrico Baixo	0,9997	Estresse Hídrico Muito alto	
CEMMM	0,0215	Estresse Hídrico Baixo	1,0000	Estresse Hídrico Muito alto	
Coreaú	0,0182	Estresse Hídrico Baixo	1,0000	Estresse Hídrico Muito alto	
Coruripe	0,0203	Estresse Hídrico Baixo	0,9988	Estresse Hídrico Muito alto	
Curu	0,3330	Estresse Hídrico Médio	1,0000	Estresse Hídrico Muito alto	
Itapirucu	0,0186	Estresse Hídrico Baixo	0,0698	Estresse Hídrico Baixo	
Leste	0,0129	Estresse Hídrico Baixo	0,0319	Estresse Hídrico Baixo	
Litoral	0,2592	Estresse Hídrico Médio	1,0000	Estresse Hídrico Muito alto	
Litoral Norte AL	0,0145	Estresse Hídrico Baixo	0,0348	Estresse Hídrico Baixo	
Metropolitana	0,5489	Estresse Hídrico Alto	1,0000	Estresse Hídrico Muito alto	
Pardo BA	0,0560	Estresse Hídrico Baixo	0,2151	Estresse Hídrico Médio	
Piauí AL	0,0203	Estresse Hídrico Baixo	0,0144	Estresse Hídrico Baixo	
Piauí SE	0,0171	Estresse Hídrico Baixo	0,2493	Estresse Hídrico Médio	
Real BA	0,0185	Estresse Hídrico Baixo	0,9717	Estresse Hídrico Muito alto	
Recôncavo Norte	0,0233	Estresse Hídrico Baixo	0,5941	Estresse Hídrico Alto	
Salitre	0,0203	Estresse Hídrico Baixo	0,9996	Estresse Hídrico Muito alto	
São Francisco SE	0,5420	Estresse Hídrico Alto	0,0109	Estresse Hídrico Baixo	
São Miguel	0,0215	Estresse Hídrico Baixo	1,0000	Estresse Hídrico Muito alto	
De Contas	0,0290	Estresse Hídrico Baixo	0,1629	Estresse Hídrico Médio	<b>Manga</b>
GI8	0,0203	Estresse Hídrico Baixo	0,0163	Estresse Hídrico Baixo	
Macururé e Curaçá	0,0184	Estresse Hídrico Baixo	0,0127	Estresse Hídrico Baixo	
Pontal	0,0188	Estresse Hídrico Baixo	1,0000	Estresse Hídrico Muito alto	
Apodí	0,6946	Estresse Hídrico Alto	1,0000	Estresse Hídrico Muito alto	<b>Melão</b>
Baixo Jaguaribe	0,4620	medium stress	1,0000	Estresse Hídrico Muito alto	