



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Meteorologia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

THALLIS ROCHA SAMPAIO

ANÁLISE DO BALANÇO HIDRICO E A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NOS MUNICIPIOS DE ABAETETUBA - PA E ULIANÓPOLIS - PA

Nº 370

**BELÉM-PA
Outubro – 2015**

THALLIS ROCHA SAMPAIO

**ANÁLISE DO BALANÇO HIDRICO E A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NOS
MUNICIPIOS DE ABAETETUBA – PA E ULIANÓPOLIS - PA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado á
Faculdade de Meteorologia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Pará -
UFPA, em cumprimento às exigências para
obtenção de grau de bacharel em Meteorologia.

Orientadora: Roselene Garcia

BELÉM-PA
Outubro – 2015

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

Sampaio, Thallis Rocha, 1991-

Análise do balanço hídrico e a produção de cana-de-açúcar nos municípios de Abaetetuba - PA e Ulianópolis - PA / Thallis Rocha Sampaio. – 2015.

60 f : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Roselene Garcia

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, Belém, 2015.

1. Cana-de-açúcar - Pará. 2. Balanço hidrológico. I. Título.

CDD 22 ed. 338.17361098115

THALLIS ROCHA SAMPAIO

**ANÁLISE DO BALANÇO HIDRICO E A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NOS
MUNICIPIOS DE ABAETETUBA - PA E ULIANÓPOLIS - PA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Faculdade de Meteorologia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Pará -
UFPA, em cumprimento às exigências para
obtenção de grau de bacharel em Meteorologia.

Data de aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Roselene Garcia – Orientadora
Mestre em Desenvolvimento Sustentável do Trópico
Úmido
Universidade Federal do Pará

Prof. João de Athaydes Silva Júnior – Membro
Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico
Úmido

Josiane Sarmento dos Santos – Membro
Mestre em Ciências Ambientais

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me dar saúde e força para alcançar meus objetivos e por me guiar neste caminho que tenho enorme satisfação em seguir;

A minha mãe (Arlete Sampaio), meu pai (Osvaldo Sampaio) e minha irmã (Kelly Sampaio) pelo apoio e amor incondicional, que foi de fundamental importância para alcançar esse objetivo.

Aos meus familiares que torceram por mim, em especial, minha tia Shirley Sampaio, meus primos Caio César e Evilyn.

A minha namorada, Taiane Santana, por me apoiar em todos os momentos.

Ao professor Edson Rocha e a professora Roselene Garcia, pessoas pelo qual tenho grande respeito e admiração e sou imensamente grato pelo apoio, paciência e pela enorme contribuição que tiveram para a realização desse trabalho.

Os professores em geral que de alguma forma me ajudaram a adquirir conhecimento e experiência no ramo na meteorologia;

Aos meus amigos Layrson Menezes, Rennon Gabriel, Rafael Sacramento, Felipe Menezes, Romero Wanzeler, Ed Serrão, Cleber Assis, João Paulo Pedrosa e Júlio Vado por me proporcionarem momentos felizes, me apoiarem, torcerem e acreditarem em mim;

Ao meu grande irmão Anderson Junior, por sempre estar comigo em todos os momentos.

As minhas avós, Irene Sampaio e Jacira Rocha, que me deram todo apoio e amor para superar os desafios da vida, aos meus avôs Antônio Sampaio e Tomé Rocha que não estão mais comigo, mas onde estiverem estão feliz com mais essa fase completada.

Agradeço o apoio institucional concedido pela Universidade Federal do Pará, o Instituto de Geociências que possibilitaram a realização desta pesquisa; a Faculdade de Meteorologia - Laboratório de Estudo e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) que na figura da Professora Aline Meiguins, apoiou a realização deste trabalho; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ/Projeto Universal) pelo suporte financeiro propiciado.

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de analisar através do balanço hídrico proposto por Thortwaithe, as melhores condições de solo e clima para o cultivo de cana-de-açúcar nos municípios de Abaetetuba e Ulianópolis, ambos municípios pertencentes ao estado do Pará. Os resultados obtidos através do balanço hídrico mostram que Abaetetuba possui melhores condições para o cultivo de cana-de-açúcar em relação a Ulianópolis, que possui um período menos chuvoso bastante rigoroso e um solo mais seco, o que obriga a utilização de irrigação artificial para compensar o grande déficit hídrico do solo para que o cultivo não seja comprometido, o que eleva o custo do cultivo da cana-de-açúcar no município. No entanto o município de Ulianópolis é o maior produtor de cana-de-açúcar do estado do Pará, motivos estruturais e financeiros impedem que Abaetetuba produza essa espécie de vegetal em larga escala.

Palavra-chave: Cana-de-açúcar-Pará. Balanço Hídrológico

ABSTRACT

This work aims to analyze through the hydric balance proposed by Thortwaithe, the best soil and climate conditions for sugar cane cultivation in the municipalities of Abaetetuba and Ulianópolis, both in the Pará State. Results from the hydric balance shows that Abaetetuba has better conditions for sugar cane cultivation in relation to Ulianópolis, which has a less rainy season quite strict and a drier soil, which requires the use of artificial irrigation for compensate the great drought of the soil for cultivation do not be compromised, which increases the sugar cane cultivation's cost in the city. However the municipality of Ulianópolis is the largest Pará State producer of sugar cane, structural and financial reasons prevent Abaetetuba of producing this kind of plant on a large scale.

Keywords: Sugar cane; hydrological balance

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - (A) Disposição das folhas, localização do nó e do entrenó no colmo e (B) detalhes das estruturas contidas no nó.....	16
Figura 2 - Fase de crescimento da cana-de-açúcar em um ciclo de 12 meses (A) e 18 meses (B).....	17
Figura 3 - Fases do crescimento da cana-de-açúcar.	17
Figura 4 - Representação esquemática dos fluxos do balanço hídrico.	23
Figura 5 - Localização geográfica da área de estudo.	26
Figura 6 – Precipitação Total anual do município de Abaetetuba (2000 a 2011)	36
Figura 7 - Balanço hídrico em Abaetetuba.....	38
Figura 8 - Área plantada (hectares) – Ulianópolis (PA) no ano de 2011	39
Figura 9 - Precipitação Total anual do município de Abaetetuba (2000 a 2011)	36
Figura 10 - Área colhida(h) e Quantidade produzida(t) de cana-de-açúcar em Ulianópolis-1999 a 2013.	41
Figura 11 - Balanço hídrico representativo para Abaetetuba	38
Figura 12 - Área plantada (hectares) – Ulianópolis (PA)no ano de 2011.....	39
Figura 13 - Temperatura Média mensal de Ulianópolis e Abaetetuba.....	43
Figura 14 – Precipitação total anual do município de Ulianópolis	44
Figura 15 – Precipitação anual e produção de cana-de-açúcar.....	45
Figura 16 - Balanço Hídrico de Ulianópolis.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Localização das Estações Meteorológicas	29
Tabela 2 – Área, Produção e Valor da Cana-de-Açúcar – Abaetetuba (PA) nos anos de 2000 e 2011. .	34
Tabela 3 - Temperatura Média Mensal - município de Abaetetuba	35
Tabela 4 - Precipitação média mensal do município de Abaetetuba	36
Tabela 5 - cálculo do balanço hídrico - município de Abaetetuba segundo Thornthwaite	37
Tabela 6 – Área, Produção e Valor da Cana-de-Açúcar – Ulianópolis (PA) nos anos de 2000 e 2011..	39
Tabela 7 - Produção Anual de Cana-de-açúcar (1.000 t) por Municípios – 1993 a 2013	41
Tabela 8 - Temperatura Média Mensal - município de Ulianópolis.	42
Tabela 9 - Precipitação média mensal – município de Ulianópolis	43
Tabela 10 - Resultado do balanço hídrico em Ulianópolis.....	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS	13
1.1 Objetivo geral	13
1.2 Objetivo específico.....	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 A cana-de-açúcar.....	15
3.2 Desenvolvimento da Cana-de-açúcar.....	16
3.3 Fatores ecológicos que atuam sobre o desenvolvimento da cana-de-açúcar.....	19
3.3.1 Necessidades hídricas da cana-de-açúcar	20
3.3.2 Evapotranspiração (ETP).....	21
3.3.3 Evaporação (E)	21
3.3.4 Balanço hídrico climatológico	21
3.3.5 Solos	23
4 METODOLOGIA.....	25
4.1 Delimitação e caracterização da area de estudo.....	25
4.1.2 O Município de Abaetetuba.....	27
4.1.3 O Município de Ulianópolis	27
4.2 Coleta de dados.....	28
4.2.1 Cultivos de Cana-de-Açúcar em Abaetetuba e Ulianópolis	28
4.2.2 Dados meteorológicos	29
4.2.3 Temperatura (°C)	29
4.2.4 Precipitação Total (mm)	29
4.2.5 Balanço Hídrico Climatológico	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5.1 Produção de cana-de-açucar no municipio de Abaetetuba.....	33
5.2 Temperatura média – Abaetetuba.....	34
5.3 Precipitação média – Abaetetuba.....	35
5.3 Balanço hidrico – Abaetetuba.....	37
5.4 Produção de cana-de-açucar no municipio de Ulianópolis.....	39
5.5 Temperaturamédia mensal de Ulianópolis.....	42

5.6	Precipitação média mensal do município de Ulianópolis	43
5.7	Balanço hídrico no município de Ulianópolis.....	45
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
	REFERÊNCIAS.....	49
	ANEXOS.....	53

1 INTRODUÇÃO

Estudos dos impactos das mudanças climáticas na agricultura são de fundamental importância para o Brasil, pois o agronegócio é uma das principais atividades que contribuem para a economia do país. O aumento da necessidade da utilização de energia, e o consumo de alimentos, provocando a utilização eficiente dos recursos naturais, constituindo a agricultura como parte importante da cadeia produtiva, e, sendo está totalmente dependente das condições ambientais, principalmente o clima e o solo (SEDAP, 2012).

No Brasil, a produção de cana-de-açúcar voltou a se destacar a partir do ano 2000 como economicamente viável para a produção de bioenergia em larga escala, devido às demandas da sociedade pela redução nas emissões dos gases de efeito estufa e produção de energia renovável e barata, além da produção de álcool combustível e álcool de uso doméstico. Balancear as soluções entre uso do meio ambiente e a tecnologia pelo homem para produção de energia e alimentos, se prevenindo e contribuindo para promoção do desenvolvimento integrado e sustentável, são os grandes desafios deste século, neste sentido, algumas medidas se fazem necessárias como: aptidão climática de áreas para o cultivo de determinadas culturas é um dos objetivos aplicados na Agrometeorologia, estabelecendo o zoneamento agroclimático. Pode-se também realizar a delimitação de determinadas área para: culturas mais adequadas; melhores épocas de plantio, qual variedade ser usada nesta área, com a finalidade de se obter uma agricultura mais produtiva quando se leva em consideração os condicionantes do potencial produtivo da cultura. Portanto, as condições ambientais devem ser adequadamente levantadas antes de se implantar uma atividade agrícola (PEREIRA, 2007).

O Bioma Amazônia é uma das regiões mais importantes do planeta, principalmente quando se fala em mudanças climáticas, cenários de aquecimento da Terra, dentre outras, neste sentido o presente trabalho teve como objetivo investigar na Amazônia, os riscos para o plantio de cana-de-açúcar utilizando-se séries climáticas do período de 2000 a 2011, especificamente nos municípios de: Abaetetuba e Ulianópolis. Com relação ao clima, para se alcançar produtividade econômica a cultura necessita de condições favoráveis durante todo o seu ciclo vegetativo, isto é, exigem determinados limites de temperatura nas várias fases do ciclo, de uma quantidade mínima de água, e de um período seco nas fases de maturação e colheita. O atendimento dessas exigências é que fará de uma determinada região ser considerada apta para o cultivo, assim a aptidão climática de áreas para o cultivo de cana-de-açúcar constitui-se no zoneamento agroclimático (IBGE 2015).

O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento preparou o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar – ZAE para a produção de etanol e açúcar, com o propósito de formular políticas públicas visando à expansão do plantio da cana-de-açúcar, este instrumento é usado para a tomada de decisões ao nível federal e estadual, utilizando como “principais indicadores para avaliação a vulnerabilidade das terras, o risco climático, o potencial de produção agrícola sustentável e a legislação ambiental vigente” (EMBRAPA, 2009, p. 7).

Neste Zoneamento Agroecológico excluiu 10 (dez) áreas que atingem os estados do Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima, Pará e Amapá, como também partes do território dos Estados do Mato Grosso, Maranhão, Tocantins e de Goiás. Embora exista essa restrição para o cultivo da cultura da cana-de-açúcar no estado do Pará (Bioma Amazônia) há segundo o IBGE (2013) produção de cana-de-açúcar. Das áreas plantadas no Estado do Pará pode-se destacar o município de Ulianópolis localizado no sudeste Paraense na microrregião de Paragominas com aproximadamente 12.000 hectares (SEDAP, 2012). Bem como o declínio da produção de cana-de-açúcar do município de Abaetetuba causada por crises na relação patrão-trabalhador, onde a cana era utilizada na sua grande maioria para fabricação de aguardente, inclusive tipo exportação, tornando-se um dos principais polos econômicos da região do baixo Tocantins. Já no ano de 1980 a atividade de produção de bebidas caiu de um 21% para o 4.5% (IDESP, 1977). Este estudo levou em consideração a influência das condições atmosféricas e suas consequências no ambiente rural sobre as atividades humanas. Obtendo como resultado a caracterização das exigências climáticas da cultura da cana-de-açúcar nos referidos municípios.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar as relações entre as variáveis meteorológicas e a produção de cana-de-açúcar nos municípios de Abaetetuba e Ulianópolis do Estado do Pará.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar a produção de cana-de-açúcar nos municípios de Abaetetuba e Ulianópolis do Estado do Pará no período de 2000 a 2011;
- Analisar a precipitação e as necessidades hídricas do plantio de cana-de-açúcar, nos municípios de Abaetetuba e Ulianópolis (PA) no período de 2000 a 2011;
- Calcular o Balanço Hídrico e analisar a sua relação com a produção de cana-de-açúcar nos municípios de Abaetetuba e Ulianópolis (PA).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O Brasil é considerado o maior produtor de cana-de-açúcar da América do Sul, com mais de sete milhões de hectares plantados, produzindo mais de 480 milhões de toneladas de cana, portanto conhecer o clima, o solo da área e utilizando-se a variedade indicada ao seu ambiente de cultivo, ajudam a aumentar a produtividade da cana-de-açúcar que é a medida em termos de toneladas de cana por hectare (EMBRAPA).

Conforme a EMBRAPA (2013), para que ocorra controle dos riscos para a agricultura e, conseqüentemente redução das perdas, deverá ser realizado um planejamento agrícola, para identificar, quantificar e mapear as áreas mais favoráveis ao plantio de determinadas culturas, devendo-se fazer, portanto, uma análise de todos os componentes de produção, inclusive dos custos de implantação, levando-se em consideração: a) manejo (solo, pragas, doenças, plantas daninhas, irrigação); b) tipos de técnicas a serem adotadas; c) insumos; d) máquinas e implementos; e) variedades a serem escolhidas; f) distribuição das variedades nos tipos de solos a serem explorados; g) ambiente de produção; h) épocas de plantio; i) elaboração do cronograma físico-financeiro; j) serviços em geral; k) clima - aptidão climática – risco climático.

Como vistos são vários os principais elementos que influenciam no desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar, dentre os autores que estudam esta cultura, destaca-se Moraes; Bastos (1972), Doorenbos; Kassam (1994), Marchiori (2004), Ashraf e Foolad (2007), Evangelista (2011) que veem apresentando a importância das informações climáticas na produtividade, como temperatura do ar, insolação e chuva. Marchiori (2004) explicita que algumas áreas são apropriadas, possuindo clima ideal para a cultura da cana-de-açúcar, enquanto outras têm restrições térmicas e/ou hídricas, permitindo a produção da cultura com recursos e técnicas especiais como, por exemplo: irrigação, correção hídrica, tipo de variedades para determinadas temperaturas, prevenção contra geadas, etc. que provocam alterações no comportamento vegetal.

Ashraf e Foolad (2007) consideraram que dentre os principais fatores que restringem a produtividade agrícola estão a seca (a deficiência hídrica), a luminosidade, temperaturas extremas, salinidade, deficiência mineral e baixo pH nos solos. Entre estes a deficiência hídrica constitui sério problema, sendo este um desafio dos agricultores: aumentar a produtividade da cana-de-açúcar em regiões passíveis de ocorrência de restrição hídrica, que influencia o crescimento vegetal e causam menor desempenho.

A cana-de-açúcar requer umidade adequada durante todo o período vegetativo para conseguir obter rendimentos máximos, pois seu crescimento é diretamente proporcional à água transpirada. Dependendo do clima, as necessidades de água da cana-de-açúcar variam, em função do ciclo, de 1500 a 2500 mm distribuídos de maneira uniforme durante as fases de desenvolvimento. Entretanto, para completar o ciclo vegetativo, a cana-de-açúcar requer um período de déficit hídrico ou térmico a fim de acumular sacarose em seus colmos (ZAE).

As exigências climáticas da lavoura de cana-de-açúcar diferem segundo a finalidade: produção de açúcar, aguardente ou forragem. Algumas áreas são apropriadas, possuindo clima ideal para a cultura da cana-de-açúcar, são aquelas onde a irrigação ou precipitação é bem distribuída durante o período de crescimento da cultura, seguido de um período seco antes da colheita, com luminosidade alta durante todo desenvolvimento vegetal, pois há correlação entre a incidência luminosa e a produção de açúcar. Assim, os parâmetros ambientais que mais afetam a bioconversão de energia na cana-de-açúcar são: luz (intensidade e qualidade), concentração de CO₂, disponibilidade de água e nutrientes e temperatura. A fotossíntese eleva-se em cana-de-açúcar com o aumento da irradiância, entre 0,2 a 0,6 cal.cm⁻² min⁻¹ com saturação acima de 0,9 cal.cm⁻² min⁻¹ (MARCHIORI, 2004).

A determinação dos riscos climáticos tem como base a disponibilidade de água relacionada aos dados meteorológicos, utilizando-se modelos probabilísticos adequados podem-se estimar os níveis de risco de ocorrência de temperaturas mínimas e máximas, em diferentes locais e períodos do ano, com base em séries históricas dessas informações. O resultado deste tipo de análise possibilita a escolha dos locais e épocas de plantio de modo a se evitar perdas, contribuindo com o produtor na tomada de decisões de plantio delimitando as áreas aptas ao cultivo de determinada cultura, levando-se em conta as exigências térmicas e hídricas (ROSSETTI, 2001).

3.1 A Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é originária da Nova Guiné, entretanto, foi na América que a cana-de-açúcar encontrou condições excelentes para seu desenvolvimento, no Brasil foi introduzida em 1532 por Martim Afonso de Sousa, passando a ter importância econômica significativa para o País a partir do século XVIII quando as atividades de produção de açúcar em São Paulo tiveram destaque, hoje o centro é o atual município de Piracicaba. (BALBINO, 2011;

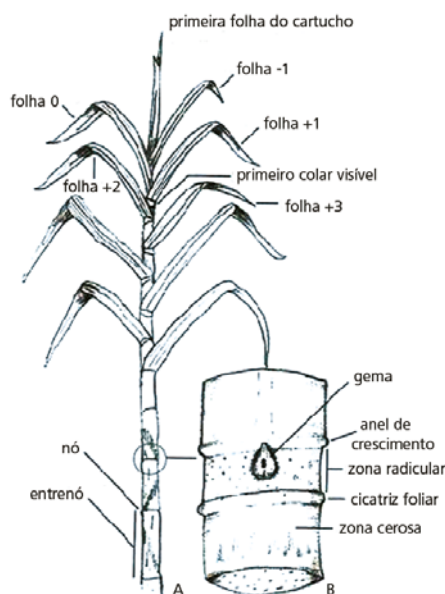
RAMOS, 1999). Com a finalidade de resguardar a produção da cana-de-açúcar, foi instituído no Brasil, em 1933, Instituto do Açúcar e do Alcool.

A cana-de-açúcar está classificada (SILVA, 2012) dessa maneira em: Divisão – Magnoliophyta, Classe – Liliopsida, Ordem – Graminales, Família – Poaceae, Gênero – *Saccharum*, Espécies – *Saccharumofficianarum*, *Saccharumspontaneum*, *Saccharumsinensis*, *Saccharumbarbiri* e *Saccharumrobustum*.

3.2 Desenvolvimentos da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é da ordem das gramíneas, desenvolve-se em forma agrupada em moitas (touceiras), a parte aérea é formada por colmos, folhas, talho e frutos (Figura 1), e a parte subterrânea por raízes e rizomas (caules subterrâneos, providos de nós e entrenós e que crescem horizontalmente). O talho é a parte mais importante da planta, constitui o fruto agrícola da mesma, nele se encontra armazenado o açúcar. Está formado por entrenós que variam em longitude, grossura, forma e cor segundo a variedade. Os entrenós estão unidos por nós, lugar onde se enxertam as folhas (SILVA, 2012).

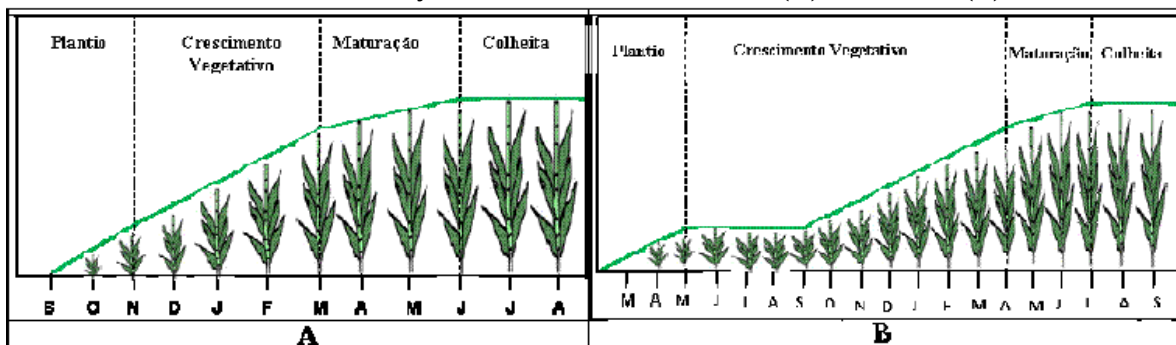
Figura 1 - (A) Disposição das folhas, localização do nó e do entrenó no colmo e (B) detalhes das estruturas contidas no nó.



Fonte: Silva (2012)

A cana-de-açúcar pode apresentar dois ciclos, determinados em função do sistema de cultivo e da época de plantio: de 12 meses (cana-de-açúcar de ano) ou de 18 meses (cana-de-açúcar de ano e meio). A cana-de-açúcar oriunda da muda, e que receberá o primeiro corte em 12 meses (precoce) ou 18 meses (tardia), é denominada de cana-de-açúcar-planta (ZAE), conforme apresentado na Figura 2.

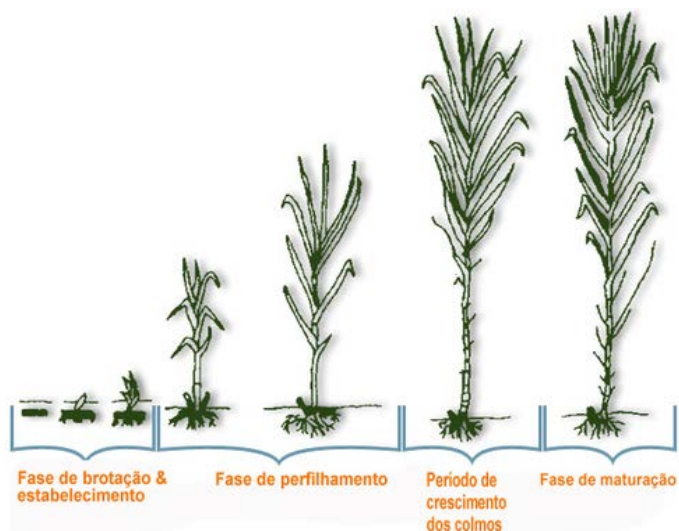
Figura 2 - Fase de crescimento da cana-de-açúcar em um ciclo de 12 meses(A) e 18 meses (B).



Fonte: Balbino (2011)

Após o corte da cana-de-açúcar-planta, ocorre a rebrota e inicia-se um novo ciclo, denominado de cana-de-açúcar-soca, com duração média de 12 meses. A Cana-de-açúcar tem essencialmente quatro fases de crescimento (Figura 3): brotação, perfilhamento (formação), crescimento dos colmos e maturação (UNICA, 2004).

Figura 3 - Fases do crescimento da cana-de-açúcar.



Fonte: Silva (2012)

Sendo cada fase responsável pelos fatores que influenciam no crescimento do cultivo. Compreender cada fase é necessário para melhor administrar a produção final da plantação. Para os fatores ambientais a temperatura e a umidade são variáveis críticas para o desenvolvimento e produção do vegetal. Na fase inicial exige temperaturas altas (30°C) e umidade relativa de 70% para que o processo ocorra rapidamente. Excesso ou falta de água podem ocasionar problemas nesta fase do ciclo. A textura e estrutura do solo estão diretamente relacionadas com a sua umidade e a aeração do solo que consiste na renovação de ar do solo através do processo de troca de gases entre o solo e a atmosfera. Com a remoção do excesso de gases como o CO₂ (gás carbônico) e outros, há evidente melhoria da qualidade do solo e aumento da produção do vegetal (BALBINO, 2011).

Segundo Gheller (1999) para que a cultura tenha a excelente capacidade de produção da cana-de-açúcar em condições naturais, depende da associação de alguns fatores que induzirão o vegetal a acumular sacarose nos colmos conforme EMBRAPA (2015) são: fatores intrínsecos: composição da cana (teores de sacarose, açúcares redutores, fibras, compostos fenólicos, amido, ácido aconítico e minerais), que podem ser afetados de acordo com a variedade da cana, variações de clima (temperatura, umidade relativa do ar, chuva), solo e tratamentos culturais; e os fatores extrínsecos: materiais estranhos ao colmo (terra, pedra, restos de cultura, plantas invasoras) ou compostos produzidos por microrganismos devido à sua ação sobre os açúcares do colmo.

No caso da cana-de-açúcar as principais características que regulam o desenvolvimento da cultura estão descritas a seguir, conforme EMBRAPA (2015), a cultura da cana-de-açúcar se adapta bem nas regiões de clima tropical, quente e úmido, com temperatura entre 19 e 32° C, com chuvas bem distribuídas, com precipitação acumulada acima de 1000 milímetros por ano. A cultura conta com duas fases principais de desenvolvimento: - **crescimento vegetativo**: fase em que a planta é favorecida pelo clima úmido e quente; - **maturação**: quando temperaturas mais amenas e a baixa disponibilidade de água favorecem o acúmulo de sacarose.

- a) **Umidade**: para alcançar rendimento máximo a cana-de-açúcar requer umidade adequada durante todo o período vegetativo, é diretamente proporcional à água transpirada. Dependendo do clima, as necessidades de água (ET_m) da cana-de-açúcar são de 1500 a 2500 mm distribuídos de maneira uniforme durante a temporada de desenvolvimento, assim tanto a escassez quanto o excesso d'água são prejudiciais ao desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar.

- b) **Temperatura:** A temperatura é um dos elementos meteorológicos mais importantes na produção da cana-de-açúcar, havendo grande número de publicações sugerindo limites térmicos para a cultura, definindo a temperatura como fator de maior importância para a maturação fisiológica da cana, porque além de afetar a absorção de água e nutrientes através do fluxo transpiratório, é um condicionante não controlável. Para que ocorram os maiores acúmulos de açúcar pela cana-de-açúcar são necessárias oscilações de temperaturas associadas a período de seca moderada (BARBIERI, 2007).

Para a evolução da cana-de-açúcar Evangelista (2011) apresenta potencial máximo de produção quando, em sua fase vegetativa, a temperatura encontra-se entre 22°C e 30°C. O crescimento em temperaturas inferiores a 20°C é muito reduzido e paralisado aos 10°C. Para germinação, o ótimo está em 32°C, abaixo de 25°C, e superior a 35°C, o crescimento é lento; sendo máximo entre 30 e 34°C. Apontam os limites de crescimento entre 19°C e 18°C para condições não-irrigadas e irrigadas, respectivamente. Para o amadurecimento, temperaturas relativamente baixas em uma faixa de 25° a 30°C são desejáveis, desde que tenham uma influência significativa na diminuição do crescimento vegetativo e enriqueça a sacarose da cana-de-açúcar. Em temperaturas altas uma reversão de sacarose em frutose e glicose pode ocorrer além do aumento da foto respiração então isso leva a menos acúmulo de açúcares.

- c) **Precipitação:** No cultivo da cana-de-açúcar um total de precipitação entre 1100 e 1500 mm é o volume adequado, contanto quer esta seja bem distribuída, abundante nos meses de crescimento vegetativo seguido por um período de amadurecimento.

3.3 Fatores ecológicos que atuam sobre o desenvolvimento da cana-de-açúcar

Segundo Vasconcelos e Dinardo-Miranda (2010), as condições ambientes influenciam a dinâmica do desenvolvimento da planta. “O conjunto das condições ambientais (atributos físicos e químicos do solo, pluviosidade e temperatura)” também tem efeitos sobre o desenvolvimento da planta: “quanto à sua arquitetura, morfologia, distribuição e dinâmica de crescimento”.

Durante o período de crescimento ativo, a chuva motiva um crescimento de cana-de-açúcar rápido, alongamento da cana-de-açúcar e formação de entrenós. A condição ideal é “onde a irrigação ou a precipitação é bem distribuída durante o período de crescimento da planta, seguido de um período relativamente seco antes da colheita, com bastante luminosidade durante toda a estação. (MARCHIORI, 2004).

No Brasil, os estudos sobre o crescimento da cana-de-açúcar em resposta às condições do ambiente encontrados em (ALFONSI et al, 1987; ANGELOCCI et al., 2002; BARBIERI; SILVA, 2007; PEREIRA et al., 2007), baseados em temperatura, ditam que existem outros fatores de clima que afetam a produtividade e influenciam desde a aplicação de herbicidas, até a colheita, o transporte e o armazenamento dos produtos finais.

Barbieri et al. (2010, p. 746) apresentou um resumo dos fatores que limitam o potencial de desenvolvimento da cultura, “sendo a água e os nutrientes onde maior importância e ocorrência; a água é o primeiro fator de restrição à produção potencial, cuja contabilidade no solo é mais utilizada para fins climatológicos”.

Elementos são grandezas (variáveis) que caracterizam o estado da atmosfera, ou seja: radiação solar, temperatura, umidade relativa, pressão, velocidade e direção do vento, precipitação. Esse conjunto de variáveis descrevem as condições atmosféricas num dado local e instante. Fatores são agentes causais que condicionam os elementos climáticos. Fatores geográficos tais como latitude, altitude, continentalidade/oceanalidade, tipo de corrente oceânica, afetam os elementos. Por exemplo, quanto maior a altitude menor a temperatura e a pressão. A radiação solar pode ser tomada ou como fator condicionador ou como elemento dependente da latitude, altitude, e época do ano. Assim, sabendo-se o que ocorre em termos de disponibilidade hídrica do solo, deficiência e excedentes hídricos em períodos específicos, pode-se identificar a variabilidade dessas variáveis, logo, são informações importantes para as tomadas de decisão no plantio da cultura (PEREIRA et al, 2007).

3.3.1 Necessidades hídricas da cana-de-açúcar

Para a obtenção de crescimento expansivo da cana-de-açúcar, é necessário uma precipitação pluvial anual a partir de 1.500 mm, com manejo hídrico eficiente, obtendo suprimentos hídricos adequados durante o desenvolvimento vegetativo (germinação, perfilhamento e alongamento dos colmos), o entanto, a cana pode suportar algum grau de

estresse de água sem afetar a biomassa e o cúmulo de sacarose (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005).

Ainda segundo Inman-Bamber e Smith (2005) a água exigida no crescimento da cana-de-açúcar é regida em grande parte por trocas de energia para os gradientes de superfície e a energia interna. Combinado de evaporação da superfície do solo e transpiração, ou seja, a evapotranspiração é muitas vezes maior (cerca de 100 vezes) do que a água retida pela cultura, e que a água usada ou exigida pela cultura é regida em grande parte por trocas de energia para os gradientes de superfície e a energia interna que vão passando de um para outro, de modo contínuo solo, planta e atmosfera.

3.3.2 Evapotranspiração (ETP)

A evapotranspiração é um processo de fundamental para as operações de manejo de sistemas de irrigação. É o processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e por transpiração das plantas, influenciadas pelas condições da vegetação, do tamanho da área vegetada, e do suprimento de água pelo solo, que podem ser definidas, potencial, real, de oásis, e de cultura (PEREIRA et al., 2007)

3.3.3 Evaporação (E)

Processo físico pelo qual um líquido passa para o estado gasoso, este vapor d'água passa a compor a atmosfera, provenientes da evaporação de “oceanos, lagos, rios, do solo, e da vegetação úmida (evaporação do orvalho e da chuva interceptada)” (PEREIRA et al., 2007, p.78).

3.3.4 Balanço hídrico climatológico

O balanço hídrico é a contabilidade da água no solo, resultante da aplicação do Princípio de Conservação de Massa num volume de solo vegetado, um controle da quantidade de entrada e saída de água de um sistema por intervalo de tempo e podem ser consideradas escalas, como a macro, a intermediária e a local. Em uma escala intermediária, representada por uma micro bacia hidrográfica, o balanço hídrico resulta na vazão (Q) de água nesse sistema. Em uma escala local, no caso de uma cultura, o balanço hídrico estabelece a variação

de armazenamento e, conseqüentemente, a disponibilidade de água no solo (PEREIRA et al, 2007; TEIXIERA, 2007).

Existem diversos métodos para o cálculo do balanço hídrico, sendo que cada um tem uma finalidade diferente. Um dos modelos mais conhecidos foi proposto por Charles Warren Thornthwaite (1948) e posteriormente modificado por John RussMather (1955) que ficou conhecido como Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mather.

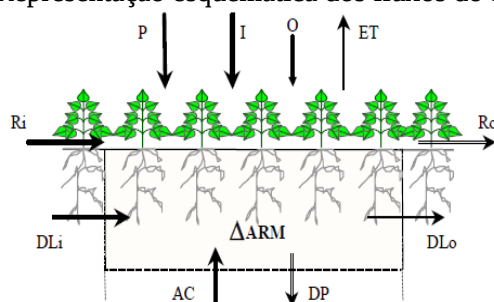
O modelo de balanço hídrico utilizado de Thornthwaite e Mather(1955), descrito por Pereira et al. (2007), determina além de excedentes e deficiências hídricas, a evapotranspiração de referência, a partir de informações de dados de chuva, temperatura média do ar e capacidade de água armazenada no solo. E determinado pela quantificação de água no solo, resultante da aplicação do Princípio de Conservação de Massa num volume de solo vegetado, sem irrigação ($I = 0$) e considerando desprezível a ascensão capilar ($AC = 0$).

A variação de armazenamento de água no volume considerado (ΔARM), por intervalo de tempo, representa o balanço entre o que entrou e o que saiu de água do volume de controle. Como a precipitação é expressa em milímetro, isto é, em litro de água por metro quadrado de superfície, adotando-se uma área superficial de $1m^2$ para o volume de controle, tornando este volume uma função apenas da profundidade do sistema radicular das plantas, representando toda a área em estudo, e no caso do balanço hídrico climatológico, essa área é aquela representada pelo ponto de medida dos elementos climáticos, principalmente a precipitação.

O balanço hídrico calculado com valores normais (balanço hídrico) torna-se um indicador climatológico da disponibilidade hídrica na região. Essa metodologia também se aplica quando se quer fazer o acompanhamento da disponibilidade hídrica regional, em tempo real, calculando-se o balanço em períodos sequenciais ao longo do ano ou dos anos, e não mais com valores normais. Nessa situação, o balanço hídrico é dito sequencial ou seriado.

A Figura 4 mostra uma representação esquemática dos fluxos do balanço hídrico de uma área vegetada.

Figura 4 - Representação esquemática dos fluxos do balanço hídrico.



Fonte: Pereira et al. (2007)

Onde,

ENTRADAS:

P = Precipitação;

I = Irrigação;

O = Orvalho;

Ri = Escoamento superficial (Run in);

DLi = Drenagem lateral;

AC = Ascensão Capilar.

SAÍDAS:

ET = Evapo(transpi)ração;

Ro = Escoamento superficial (Run off);

DLo = Drenagem lateral;

DP = Drenagem profunda

Pereira et al. (2007) descreve ainda que alguns fatores dependem do clima da região: o volume de precipitação, ou seja, a chuva representa a principal entrada de água em um sistema, ao passo que a contribuição do orvalho só assume papel importante em regiões muito áridas, sendo assim desprezível. Em locais úmidos o orvalho contribui no máximo com 0,5 mm/dia em, enquanto que as demais entradas dependem do tipo de solo e de relevo da região.

Portanto para estimar a variação de armazenamento de água no solo (ΔARM) é utilizada a seguinte equação (1):

$$\pm \Delta ARM = P + I - ET + AC - DP \text{ (Pereira et al. 2007),}$$

Onde, ΔARM = variação de armazenamento de água no solo;

P = Precipitação;

I = Irrigação;

ET = Evapo(transpi)ração;

AC = Ascensão Capilar;

DP = Drenagem profunda.

3.3.5 Solos

A cana-de-açúcar pode ser plantada em quase todo tipo de solo, entretanto em solos com impedimentos físicos ocorre mal desenvolvimento, tipo: solos compactados, pedregosos,

com elevada percentagem de areia e nos solos com deficiência de drenagem. O relevo ideal é o plano a suavemente ondulado, sendo melhores para a mecanização (BASTOS, 2006).

Os solos considerados adequados por Rodrigues et al. (2001) são os que possuem uma profundidade > 70 cm; textura média argilosa; solos bem drenados e sem riscos de inundação. Orlando Filho (1983) citado por Marchiori (2004), menciona que a fertilidade atua diretamente no crescimento da cana-de-açúcar e que a ordem de extração de macro nutrientes é: K>N>Ca>Mg>P. A necessidade de nutriente é maior imediatamente após a germinação, até o completo fechamento do canavial, o que ocorre, aproximadamente, aos 3 a 5 meses. Assim, as características do solo a ser utilizado para determinada cultura são a profundidade efetiva, textura do solo, a capacidade de retenção de água, a permeabilidade e a drenagem interna, a fertilidade e a possibilidade de utilização de máquinas agrícolas, são o que determinam a classificação das terras quanto à aptidão agrícola conforme estudo apresentado pela ESALQ (2006).

Segundo ESALQ (2006) o solo da região leste do Pará onde se encontra o município de Ulianópolis é predominantemente latossolos amarelos. Deve-se ressaltar, porém, que estes solos de drenagem excessiva, se combinados a áreas com déficit hídrico muito severo, podem apresentar problemas de retenção de água, prejudicando a cultura da cana-de-açúcar, solos profundos são encontrados na maior parte da região avaliada, sendo que as melhores classes de aptidão ocorrem nas áreas de Latossolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos.

Assim a região leste do Estado apresenta predominantemente áreas de média a alta aptidão edáfica, excluindo-se a porção norte (solos marginais). Por sua vez, a cultura da cana-de-açúcar é capaz de se desenvolver em uma ampla gama de solos, o que faz com que apenas em condições muito específicas as terras possam ser consideradas marginais ou de baixa aptidão edáfica. As áreas de maior aptidão edáfica ocorrem na porção sudoeste da região, onde é encontrada Terra Roxa estruturada (NITOSSOLOS VERMELHOS), onde apresenta boas condições para o desenvolvimento da cana-de-açúcar na maioria dos parâmetros avaliados (ESALQ, 2006).

Grande parte do solo do estado do Pará apresenta um alto valor de déficit hídrico. Anualmente, no extremo leste do Pará apresenta valores superior a 400 mm, sendo importante a utilização de irrigação de água para a produção de cana-de-açúcar, atividade recomendada na região oeste do estado do Pará tendo como objetivo o aumento da produtividade da colheita. (ESALQ, 2006).

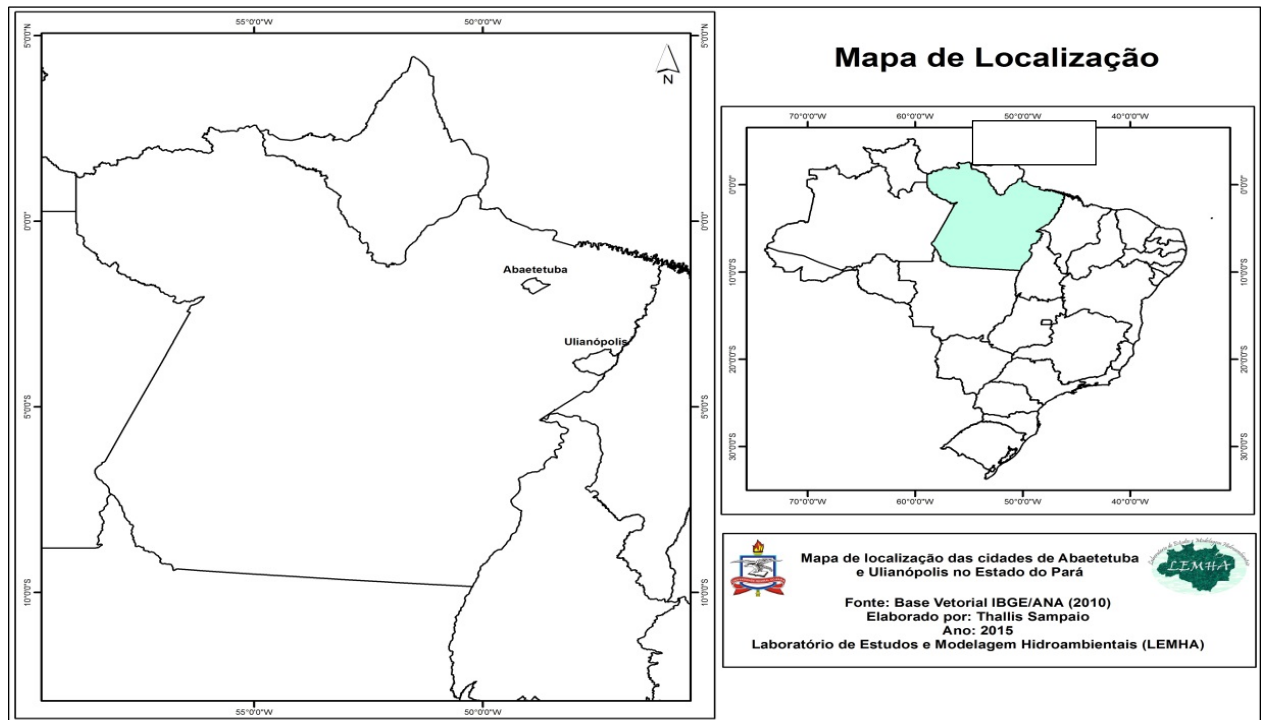
4 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos e a coleta de dados se deram em duas fases distintas: primeiro pela identificação e caracterização da área de estudo por trabalhos desenvolvidos na temática produção de cana-de-açúcar nos municípios do estado Pará, levando em consideração os parâmetros que caracterizam o estado da atmosfera, ou seja, conjunto de variáveis que descrevem as condições atmosféricas num dado local e instante, bem como os fatores que condicionam os elementos climáticos para produção de cana-de-açúcar, como o objetivo de caracterizar e delimitar as áreas de produção no Estado. A segunda fase será de análise e organização dos dados coletados e apresentados na forma de tabelas, gráficos e textos com os cenários encontrados.

4.1 Delimitação e caracterização da área de estudo

Utilizando informações coletadas nas referências pesquisadas, foi selecionado como área de estudo 2 (dois) municípios com características proeminentes na produção da cana-de-açúcar no Estado do Pará: os Municípios de Abaetetuba e Ulianópolis (Figura 5). Onde será apresentada a quantidade de área plantada, área colhida, produção, valor de produção da cultura da cana-de-açúcar destes municípios.

Figura 5 - Localização geográfica da área de estudo.



Fonte: IBGE (2010)

4.1.2 O Município de Abaetetuba

O município de Abaetetuba pertence à Mesorregião do Nordeste Paraense e a Microrregião de Cametá. A sede do município está localizada a 01° 43' 05'' de latitude Sul e 48° 52' 57'' de longitude Oeste, as margens do rio Marataúira que é um dos afluentes do Rio Tocantins, integrante da região do Baixo Tocantins. Os limites do município são: ao Norte pelo Rio Pará e município de Barcarena; a Leste pelo município de Moju; ao Sul pelos municípios de Igarapé-Miri e Moju; a Oeste pelos municípios de Igarapé-Miri, Limoeiro do Ajuru e Muaná. Tem aproximadamente 1.090 km² de extensão formada pela sede municipal e a Vila de Beja. Sua população em 2014 está estimada em 148.873 habitantes, é a cidade-polo da Região do Baixo Tocantins e a 7ª mais populosa do Estado do Pará, com um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - 2010 (IDHM 2010) de 0,628. (IBGE, 2015).

A topografia é plana, com acidentes topográficos inexpressivos. Os solos se dividem em três categorias: os solos de várzea ou planície de inundação, que predominam na chamada zona das ilhas e nas baixadas que permanecem continuamente alagadas; os tesos ou solos intermediários, situados nas faixas de transição entre os solos de várzea e a zona de terra firme e, que durante as grandes marés, ficam alagados; e os solos de terra firme, são mais elevados que os tesos, em sua maioria formada por areias consolidadas e pedregulhos. Predominando no município de Abaetetuba solos tipo: Latossolo Amarelo distrófico, textura média, associado ao Podzo Hidromórfico e solos Concrecionários Lateríticos Indiscriminados distróficos, textura indiscriminada, em relevo plano. Nas Ilhas, acham-se presentes, em manchas, os solos Gleyseutróficos e distróficos e Aluviais eutróficos e distróficos, textura indiscriminada (IDESP, 1977), predomina no município de Abaetetuba.

4.1.3 O Município de Ulianópolis

Ulianópolis é pertencente à mesorregião do sudeste Paraense e a microrregião de Paragominas, nas coordenadas 3° 45' 32" de latitude Sul, 47° 29' 26" de longitude Oeste. Distante 395 km da capital Belém. Possui uma área de 5 081. 065 Km² uma população estimada até 2010 de 43. 345. Habitantes, uma estimativa de 8.45 Hab./Km². Possui uma altitude de 130 metros em relação ao nível médio do mar. As cidades mais próximas são: Paragominas 150 km ao leste e Goianésia do Pará a 190 km ao oeste. A principal via de

acesso é a BR-010 ligando Ulianópolis a capital Belém que se encontra a 450 km de distância, outra via de acesso é a PA-256 e a PA-125.

O município leva o nome da família Uliana que vieram para a Amazônia atraída pelos grandes projetos implantados na década de 60, que facilitava a aquisição de terras na região. As obras de abertura da rodovia Belém-Brasília trouxeram imigrantes de várias partes do País, principalmente, do Espírito Santo e Maranhão. Aos poucos, a região foi ocupada por causa da exploração da madeira, na década de 80. Nesse período, a atividade madeireira era tão forte que 20 serrarias foram instaladas na região. Foi então que, em 1988, começou um movimento de emancipação e, quatro anos depois, Ulianópolis tornou-se independente de Paragominas (IBGE/2015).

Ulianópolis possui um clima Tropical úmido, temperatura média anual oscilando entre 26° a 27°C - Máxima de 33°C, e mínima de 22° a 23°C. Sendo que seu período chuvoso vai desde o mês de novembro até abril (100 a 125 dias de chuva), com precipitação variando de 2.250 a 2.500mm.

As principais ordens de solos encontradas no leste do Pará são LATOSSOLOS e ARGISSOLOS, solos constituídos por material mineral (EMBRAPA, 2006).

4.2 Coleta de dados

4.2.1 Cultivos de Cana-de-Açúcar em Abaetetuba e Ulianópolis

A seleção de Ulianópolis e Abaetetuba se deu por serem municípios que possuem condições climáticas e de produção diferenciada para o cultivo da cana. Como também histórias bem distintas no processo de implantação e evolução do empreendimento canavieiro no estado do Pará. Abaetetuba pelo fato de ter sido uma região que apresentou uma forte atividade agrícola de cana-de-açúcar historicamente associada a produção de aguardente (cachaça) até início dos anos 1980. E, Ulianópolis área vem apresentando um aumento na produção da cana-de-açúcar que de acordo com dados do IBGE (2010) foi responsável por cerca de 95% da produção Paraense, neste município existe um empreendimento da agroindústria do setor sucroalcooleiro, para produção do açúcar cristal e de etanol (álcool anidro, utilizado na mistura com a gasolina e álcool hidratado, usado diretamente nos veículos Flex).

4.2.2 Dados meteorológicos

Levando-se em consideração os critérios de exigências do cultivo e as variáveis utilizadas para o cálculo do balanço hídrico, este estudo se propôs a calcular e analisar as condições climáticas dos municípios de Ulianópolis e Abaetetuba.

Neste sentido este trabalho apresenta dados de: Temperatura máxima (Média) (°C) e Precipitação Total (mm) para o cálculo do balanço hídrico, obtidos nas estações meteorológicas instaladas no estado do Pará (Tabela 1 e Figura 7), de onde foram coletados doze anos de registros, compreendendo o período de 2000 a 2011, período escolhidos devido apresentarem uma produção significativa em relação há outros anos e os dados meteorológicos apresentam séries com menos falhas para uma análise mais completa da área de estudo.

Tabela 1 - Localização das Estações Meteorológicas

ESTAÇÕES	UF	Latitude Sul (Graus)	Longitude Oeste (Graus)	Altitude (Metros)	Ano (Inicio)	Ano (Fim)	Números de Anos
Abaetetuba (Belém)	PA	-1.43	-48.43	10.00	2000	2011	12
Ulianópolis (Marabá)	PA	-5,36	-49.13	95.00	2000	2011	12

Fonte: INMET (2000, 2011)

4.2.3 Temperatura (°C)

Os dados de temperaturas foram coletados de doze anos de registros disponibilizados pelo INMET das estações meteorológicas instaladas no Pará compreendendo o período de 2000 a 2011, para serem utilizados no cálculo do balanço hidrológico de cultivo. Os valores da temperatura máxima média mensal (Tabela 5 e 7) foram obtidos das estações e usados para determinar o valor da Evapotranspiração potencial diária (ETP, mm dia⁻¹) e cálculo do Balanço Hídrico (Tabela 6 e 9).

4.2.4 Precipitação Total (mm)

A deficiência hídrica (déficit hídrico) é um dos parâmetros para determinar a aptidão agrícola de uma localidade, para o qual foram calculados os balanços hídricos numa escala de

tempo média mensal, para os municípios (Abaetetuba e Ulianópolis). Os dados de precipitações (valor total observado das chuvas em mm) dos municípios em estudo foram obtidos nas estações meteorológicas instaladas no Pará (Tabela 1), onde foram coletados doze anos de registros (Tabela 5 e 8) disponibilizados pelo INMET referente a precipitação total (mm), compreendendo o período de 2000 a 2011.

Estes dados de precipitação total (mm) foram utilizados como dados de entrada para obtenção do cálculo do balanço hídrico de cultivo, dispostos nas Tabelas 6 e 9, que tem o objetivo de se determinar a variação do armazenamento de água no solo.

4.2.5 Balanço Hídrico Climatológico

Para a Classificação climática e Aptidão edáfica (solos) foram utilizados dados secundários da Embrapa (2006 2009). Como também valores de perfil na capacidade de campo de acordo com o tipo de solo, utilizando-se de tabelas específicas (ANEXO D, E e F) estabelecidas por Thornthwaite e Matter (1955) adaptadas por Pereira (2007), para orientação da capacidade de armazenamento de água no solo, com o tipo de cultura estudada. De onde serão determinados alguns elementos meteorológicos: Deficiência hídrica; Umidade armazenada na zona de raízes; Excedente de água no solo; Evapotranspiração potencial; Evapotranspiração real ou umidade verdadeiramente consumida pela vegetação.

Assim, com valores das variáveis resultante do cálculo do balanço hídrico climatológico normal: temperatura do ar, evapotranspiração potencial e real, deficiência hídrica, excedente hídrico em conjunto com a Classificação climática e Aptidão edáfica é possível estabelecer critérios que definem os limites de exigência climática da cultura (PEREIRA, 2007).

Para o cálculo do déficit hídrico que é um parâmetro comumente utilizado para a definição da aptidão agrícola das terras para a cultura da cana-de-açúcar, foi utilizado valores médios mensais de precipitação e temperatura, que pode ser utilizado como um indicador climatológico da disponibilidade ou deficiência hídrica da região.

Portanto, baseado nos valores médios de temperatura do ar e do total de precipitação pluviométrica, em um dado período, foi contabilizada a água disponível no solo para 2 profundidades de sistema radicular: 100mm para Abaetetuba e Ulianópolis segundo Pereira et al. (2007), permitindo avaliar as condições para cultura da cana-de-açúcar.

O déficit hídrico neste estudo foi estimado através do método do balanço hídrico método Thornthwaite e Mather (1955), adaptado por Pereira et al.(2007), calculado pela

contabilização da água no solo vegetado. O balanço hídrico do volume de controle (volume de solo = 1m² de superfície *versus* profundidade do sistema radicular).

Para se determinar a variação do armazenamento de água no solo, sem irrigação ($I = 0$), considerar desprezível a ascensão capilar ($AC = 0$). Desse modo, torna-se possível estimar a variação do armazenamento, denominada de alteração do armazenamento (ALT), a evapotranspiração real (ETR), e a drenagem profunda, agora denominada de excedente hídrico (EXC), resultando na seguinte equação (2):

$$\pm ALT = P - ETR - EXC$$

Onde, ALT = alteração do armazenamento (mm)

P = precipitação (mm)

ETR = evapotranspiração real (mm)

EXC = excedente hídrico (mm)

Além de ALT e de EXC, a determinação de ETP e ETR permite estimar o déficit hídrico (DEF), definido como:

$$DEF = ETP - ETR,$$

Onde: DEF = déficit hídrico (mm)

ETP = evapotranspiração potencial (mm)

ETR = evapotranspiração real (mm)

Essa contabilização pode ser feita tanto na escala diária como em escalas maiores como a mensal, utilizando-se valores médios de vários anos. O balanço hídrico calculado com valores normais (balanço hídrico) torna-se um indicador climatológico da disponibilidade hídrica na região.

A metodologia desenvolvida por Thornthwaite e Matter (1955) adaptadas por Pereira (2007), para preencher uma planilha de cálculo do Balanço hídrico foi utilizado planilha eletrônica, seguinte o roteiro¹ descrito abaixo:

- a) Na parte superior da tabela (obs.: uma tabela para cada município) foi preenchido Local, Localização Geográfica, Altitude, Fonte, Período e Retenção Hídrica (ANEXO G);
- b) As colunas foram preenchidas com os valores de:

¹Roteiro baseado nas Notas de aula da disciplina Agrometeorologia, Profa. Maria do Carmo Felipe de Oliveira.FAMET/UFPA-2012.

- i. Temperatura média (°C) coletados das estações do INMET para os municípios de Abaetetuba e Ulianópolis de 2000 a 2011;
 - ii. **ET ou TAB:** Evapotranspiração não corrigida, obtida através da tabela (ANEXO A, B e C) em função das temperaturas médias mensais e anuais;
 - iii. **COR:** Correção da Evapotranspiração obtida em função da latitude do local e da época do ano;
 - iv. **ETP:** Evapotranspiração Potencial, igual ao produto (**ET x COR**) arredondando para inteiro. Representa a perda potencial de água por uma extensa superfície vegetada, em crescimento ativo e sem falta de água;
 - v. **P:** Preencher com os valores de precipitação média mensal;
 - vi. **P-ETP:** Obter a diferença entre os valores de **P e ETP**, mantendo -se o sinal de + ou -;
 - vii. **NEG ACUM:** onde estiver valores de **P – ETP negativo acumulado (NEG ACUM)** o valor de NEG ACUM será 0 (zero); a partir dos valores negativos de P - ETP, o valor de NEG ACUM será o valor da diferença entre P - ETP com o sinal de positivo;
 - viii. **ARM:** verificar nos Quadros de Retenção Hídrica (**RH**)(ANEXO D, E e F) os valores de armazenamentos (**ARM**) correspondentes a dezena de NEG na linha, e a unidade na coluna (ex. 117 = 110 linha e 7 coluna = 48 ARM). Obs.: Para o cálculo dos armazenamentos, quando este alcançar o valor superior a Retenção Hídrica, o excesso em relação a RH é abandonado, registrando apenas 50, 100, 125, 150 ou 300 mm de acordo com a RH estabelecida para o referido balanço.
- c) Aferições: Depois de preencher a tabela com os dados do balanço hídrico, é conveniente verificar a exatidão dos cálculos usando as seguintes relações:
- $$\sum P = \sum ETP + \sum (P-ETP)$$
- $$\sum ALT = 0$$
- $$\sum ETP = \sum ETR + \sum DEF$$
- $$\sum (P-ETP) = \sum EXC - \sum DEF$$
- $$\sum P = \sum EXC + \sum ETR$$
- d) Para a representação gráfica do balanço hídrico:

Com o quadro do balanço hídrico tem-se uma ideia do que ocorre no local, quanto ao fator hídrico, porém o gráfico representativo do balanço hídrico mostra a entrada e saída de água, os períodos de excesso e déficit de retirada e reposição de água no solo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados os resultados das análises das relações entre variáveis meteorológicas de estações distintas e a produção de cana-de-açúcar dos municípios de Abaetetuba e Ulianópolis do Estado do Pará, com ênfase especial nas principais variáveis climáticas e os fatores ecológicos e físicos que atuam sobre o desenvolvimento da cana-de-açúcar, que foram fundamentais na tentativa de compreender melhor os resultados de produção (t) e as variáveis meteorológicas da temperatura, da precipitação pluviométrica e o Balanço Hídrico para cada Município, levando em considerações os condicionantes do potencial produtivo da cultura da cana-de-açúcar.

Assim, neste estudo foram obtidos e utilizados dados climáticos mensais de estações pluviométricas (Tabela 1) disponíveis no estado do Pará (PA), referente a 12 anos de registros (período de 2000 a 2011). Assim apresenta-se a seguir os dados de: Produção, Temperatura Média (°C) e Precipitação (mm) para em seguida mostrar os cálculos do balanço hídrico para cada município estudado (Abaetetuba e Ulianópolis).

Nas próximas seções apresentam-se as estatísticas da produção agrícola para cada município estudado (Abaetetuba e Ulianópolis) no período de 2000 a 2011 (SEDAP, 2012; IBGE, 2013), onde são apresentados os valores de: área plantada (hectares), área colhida (hectare), quantidade produzida (t), valor da produção (mil reais), temperatura, precipitação e o cálculo do Balanço Hídrico.

5.1 Produção de cana-de-açúcar do município de Abaetetuba

O município de Abaetetuba ficou conhecido como um dos maiores produtores de cana-de-açúcar no Pará até início dos anos 1980. De acordo com os dados da pesquisa Produção Agrícola Municipal - PAM do IBGE (2013) e da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca – SEDAP (2012), o plantio de cana-de-açúcar praticamente desapareceu do panorama produtivo estadual (Tabela 2), principalmente em razão das crises nas relações trabalhistas.

Tabela 2 – Área, Produção e Valor da Cana-de-Açúcar – Abaetetuba (PA) nos anos de 2000 e 2011.

Ano	Área plantada (h)	Área colhida (h)	Quantidade produzida (t)	Valor da produção (Mil reais)
2000	100	100	3.000	180
2011	100	100	3.000	240

Fonte: SEDAP (2012); IBGE (2013)

Entretanto, por ser um município muito importante e estratégico para o escoamento da produção dos municípios circunvizinhos, este substitui a produção de cana-de-açúcar e seus derivados, por outras atividades econômicas, destacando-se a pecuária, a agricultura familiar, telhas, tijolos, areia, seixo, pesca artesanal e a navegação para o transporte de passageiros e escoamento dos produtos regionais.

Como pode ser observado na Tabela 2, Abaetetuba não conseguiu acompanhar nos últimos anos a forte expansão da área cultivada e produção da cana-de-açúcar, incentivada pelas perspectivas da produção do etanol, para suprir a necessidade de diminuir a dependência dos combustíveis de origem fóssil, aliada à preocupação com as questões ambientais, o uso do etanol está tomando proporções mundiais, estimulando a expansão do cultivo da cana-de-açúcar (BNDES, 2008). O que será mostrado no próximo item com relação à produção de cana-de-açúcar em Ulianópolis (PA).

5.2 Temperatura média representativa para Abaetetuba

A Tabela 3, apresenta os resultados de Temperatura mensal no período de 2000 a 2011 para o município de Abaetetuba, indicando a temperatura média do município no período de 2000 a 2011, ao longo do ano com máxima de 27,6 °C em novembro e mínima de 26 °C em fevereiro. Assim, neste intervalo não ocorreu limitação térmica para o desenvolvimento da cultura, visto que, quando a média diária da temperatura do ar é igualou superior 20 °C, tem-se aumento na taxa de crescimento da cultura sendo que o intervalo entre 25 e 33 °C é considerado ótimo ao desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar (ALMEIDA et al., 2008; EVANGELISTA, 2011; MARCHIORI, 2004).

Tabela 3 - Temperatura Média Mensal representativa para o município de Abaetetuba

Mês Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	26,2	25,7	25,9	26,1	26,5	26,6	26,3	26,7	26,6	26,9	27,3	26,5
2001	25,6	25,5	25,9	26,2	26,8	26,4	26,4	26,9	27,0	27,2	27,5	27,7
2002	26,2	26,4	26,4	26,4	26,8	26,5	26,7	27,1	27,2	26,9	27,1	26,9
2003	26,7	25,9	26,1	26,7	26,9	27,1	26,9	27,1	27,1	27,4	27,7	27,1
2004	26,7	25,8	26,1	26,8	27,3	26,5	26,3	26,6	26,9	27,2	27,4	27,1
2005	27,1	26,8	26,8	26,8	26,7	27,3	27,3	27,7	27,5	27,6	27,8	26,7
2006	26,7	26,5	26,4	26,6	26,6	27,2	27,2	27,3	27,7	27,8	27,3	26,9
2007	27,1	25,9	26,0	26,3	26,9	26,8	26,7	27,0	27,2	26,9	27,3	26,4
2008	25,5	25,7	25,9	26,1	26,6	26,7	27,1	27,6	27,5	27,7	27,7	27,4
2009	26,4	25,7	25,9	26,1	25,9	26,7	27,3	27,9	27,6	27,7	28,1	27,2
2010	26,5	27,1	27,7	26,8	27,6	27,4	27,5	27,9	28,0	27,8	27,9	27,3
2011	25,9	26,1	26,3	26,6	27,7	27,2	27,0	27,4	28,0	27,7	27,6	27,2
Media	26,4	26,1	26,3	26,5	26,9	26,9	26,9	27,3	27,4	27,4	27,6	27,0

Fonte: INMET (2015).

5.3 Precipitações pluviométricas representativa para Abaetetuba

Assim de acordo com a análise baseada nos valores médios mensais de 12 anos (2000 a 2011), observa-se que o município de Abaetetuba apresentou em média um total anual de precipitação de 3.263 mm (Tabela 4 e Gráfico 2).

Para a obtenção de crescimento expansivo da cana-de-açúcar, é necessária uma precipitação pluvial anual a partir de 1.500 mm, portanto, Abaetetuba encontra-se dentro dos parâmetros de necessidade hídrica, obtendo suprimentos hídricos adequados durante o desenvolvimento vegetativo (germinação, perfilhamento e alongamento dos colmos), não apresentando déficit hídrico anual.

Na tabela 4, apresenta os resultados de precipitação mensal em um período de 2000 a 2011 no município de Abaetetuba.

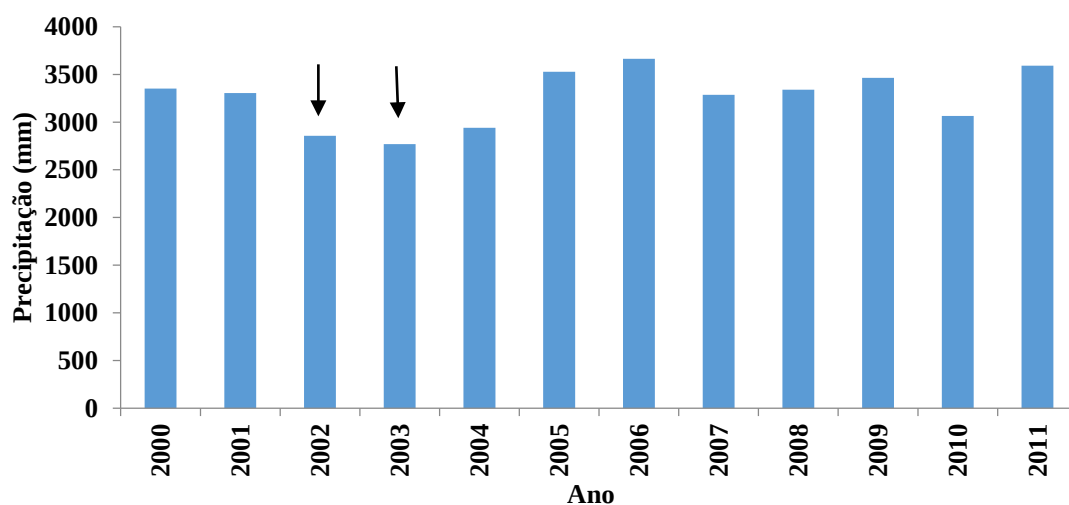
Tabela 4 - Precipitação média mensal do município de Abaetetuba

ANO/MÊS	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
2000	411,9	435,6	440,3	507,7	358,6	114,8	219,3	141,9	146,5	160,3	83,6	331,6	3352,1
2001	395,8	346,9	484,7	422,6	298,9	301,2	337	62	145,9	187	104,7	217,5	3304,2
2002	446,1	232,5	393,1	415,1	196,8	254,4	173,9	75,5	95,4	119,7	176,3	277,2	2856
2003	181,6	453,6	476,7	359,9	220,9	123,3	101,7	105,5	171,7	143,2	137,2	294,1	2769,4
2004	373,8	487	510,5	393,6	121	180,1	146	132,3	131,5	146,6	95,3	222,5	2940,2
2005	249,8	363,9	413,7	565,1	449,2	257,8	177,8	103	141,6	242,1	105	459,5	3528,5
2006	387,8	275,1	685,6	495,7	325,6	121	106,7	236,1	155,9	113,6	240,9	519,8	3663,8
2007	306,9	442,9	419,8	459,7	265,9	219,9	196,4	135,3	96,9	168,9	119,1	454,5	3286,2
2008	532,2	450,8	457,4	505,1	308,1	299	108,9	151,5	109,6	110,6	135,2	171,2	3339,6
2009	354,5	422	582,3	469,9	456,6	317,3	193,1	92,7	134,1	142,3	45,1	253,7	3463,6
2010	452,3	359,7	296,8	450,4	403	176,3	132,1	188,1	95,5	152,1	134,2	224,8	3065,3
2011	520,3	332,4	490,9	579,4	477,3	241,5	195,3	179,4	60,3	139,1	174,6	201,7	3592,2
Média	384,4	383,5	471,0	468,7	323,5	217,2	174,0	133,6	123,7	152,1	129,3	302,3	3263,4

Fonte: INMET (2015)

O Gráfico 1 aponta que os anos mais chuvosos nesse período foram os anos de 2005 e 2006, atingindo os valores de 3.529 e 3.664 milímetros de chuva ao ano respectivamente. O ano mais seco apontado foi 2003 (ano de El Niño) registrando 2.770 milímetros ao ano.

Figura 6 – Precipitação Total anual do município de Abaetetuba (2000 a 2011)



Fonte: Autor

5.3 Balanço hídrico - Abaetetuba

Os resultados mensais do balanço hídrico para o município de Abaetetuba encontram-se dispostos na Tabela 5 e no Gráfico 2. Os resultados encontrados foram calculados de acordo com o modelo do balanço hídrico de Thornthwaite Mather apresentando valores de média mensal de temperatura e precipitação, evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR), déficit hídrico (DEF), excedente hídrico (EXC) e armazenamento hídrico do solo (ARM).

Tabela 5- cálculo do balanço hídrico representativo para o município de Abaetetuba segundo Thornthwaite

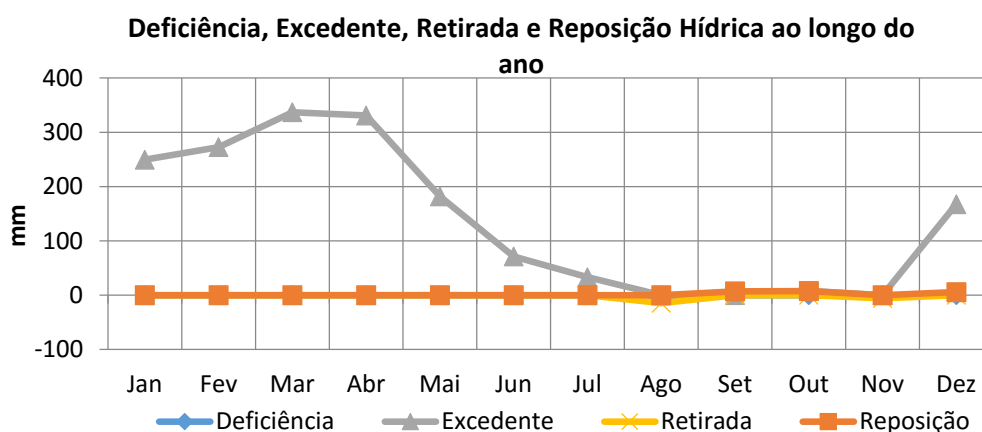
LOCALIDADE: Abaetetuba				LATITUDE: 01° 43' 00'' LONGITUDE: 48° 52' 27''								
FONTE E PERÍODO: INMET(2000-2011)				RETENÇÃO HÍDRICA: 50 mm								
MESES	T(C°)	TAB	CORR	ETP mm	PRP mm	PRP-ETP mm	NEG	ARM	ALT	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	26,2	4,3	31,2	134	384	250	0	50	50	134	0	200
Fev	25,6	4,0	28,2	113	384	271	0	50	0	113	0	271
Mar	26,2	4,3	31,2	134	471	337	0	50	0	134	0	337
Abr	26,7	4,5	30,3	136	469	332	0	50	0	136	0	332
Mai	26,7	4,5	31,2	140	323	183	0	50	0	140	0	183
Jun	27,1	4,6	30,3	139	217	78	0	50	0	139	0	78
Jul	26,7	4,5	31,2	140	174	34	0	50	0	140	0	34
Ago	27,1	4,6	31,2	144	134	-10	10	40	-10	144	0	0
Set	25,5	4,0	30,3	121	124	3	13	37	-3	121	0	0
Out	26,4	4,5	31,2	140	152	12	25	30	-7	135	5	5
Nov	26,5	4,5	30,3	136	129	-7	32	25	-5	134	2	0
Dez	25,9	4,3	31,2	134	302	168	200	0	-25	-9	0	143
Total				1.613	3.263	1.650				1.463	150	1.583

Fonte: Autor

De acordo com os valores médios mensais de 12 anos (2000 a 2011), observou-se que o município de Abaetetuba apresentou uma: Temperatura média anual - $T(^{\circ}\text{C}) = 26^{\circ}\text{C}$; Precipitação anual - PRP (mm) = **3.263 mm**; Evapotranspiração potencial - ETP (mm) = **1.611 mm**; Evapotranspiração real - ETR (mm) = **1.608 mm**; Deficiência hídrica anual - DEF (mm) = **150 mm**; Excedente hídrico anual - EXC (mm) = **1.583 mm**

O gráfico 2, apresenta a distribuição do balanço ao longo do ano (janeiro a dezembro), sendo a média feita em um período de 12 anos, observou-se que o excedente hídrico atinge o pico nos meses de março e abril, 337 e 332 mm respectivamente. O solo de Abaetetuba possui pouca deficiência hídrica, portanto o solo apresenta grande volume de água armazenada e consequentemente observa-se uma pequena reposição hídrica do solo nos meses de outubro a novembro.

Figura 7 - Balanço hídrico representativo para Abaetetuba



Fonte: Autor

Portanto, a precipitação média do município de Abaetetuba apresenta valores elevados, tendo como destaque os meses de Março e Abril que apresentam valores de precipitação em média de 471 mm e 469 mm respectivamente. No período menos chuvoso entre os meses de julho a outubro, apresentam em média 150 mm de precipitação mensal, no período analisado o município apresentou pouquíssimo déficit hídrico, apontando déficit de 5 mm e 2 mm nos meses de outubro e novembro respectivamente, o que para produção de cana não chega a ser prejudicial para o desenvolvimento do vegetal.

5.4 Produção de cana-de-açúcar do município: Ulianópolis

De acordo com o banco de dados da pesquisa Produção Agrícola Municipal - PAM do IBGE até 2011, a área plantada com cana-de-açúcar no município de Ulianópolis (PA) é uma área pequena em relação aos demais estados brasileiros que plantam cana-de-açúcar. Entretanto quando se compara a outros estados da Região Norte, o Pará é o que apresenta a segunda maior área plantada de cana-de-açúcar (Gráfico 3).

A Tabela 6 mostra que, dos 12.592 hectares (Gráfico 1) de área plantada no estado do Pará, 11.600 hectares são relativos ao município de Ulianópolis, resultado da atividade de plantio de cana-de-açúcar com usina para processamento industrial e produção e comercialização de álcool hidratado, álcool anidro e açúcar cristal (PAGRISA, 2015).

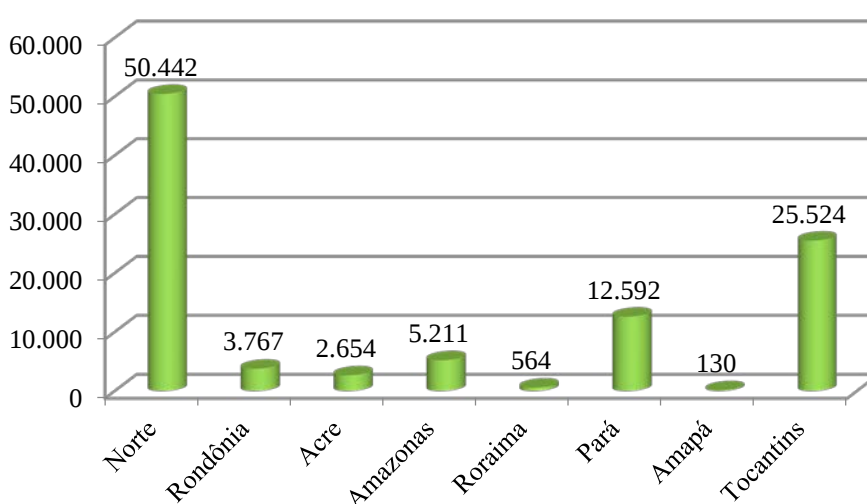
Tabela 6 – Área, Produção e Valor da Cana-de-Açúcar – Ulianópolis (PA) nos anos de 2000 e 2011

Ano	Área plantada (h)	Área colhida (h)	Quantidade produzida (t)	Valor da produção (Mil reais)
2000	3.500	3500	266.000	16.492
2011	11.600	11600	679.922	47.594

Fonte: processado a partir dos dados da pesquisa Produção Agrícola Municipal - PAM (IBGE, 2013)

No Gráfico 3 apresenta-se a produção de cana-de-açúcar em toda região norte, que aponta o Tocantins como o maior produtor com cerca de 25.524. Seguido do estado do Pará com 12.592, onde Ulianópolis contribui com cerca de 90% do total.

Figura 8 - Área plantada (hectares) – Ulianópolis (PA)no ano de 2011



Fonte: adaptado a partir dos dados da pesquisa Produção Agrícola Municipal - PAM (IBGE, 2013)

O que pode ser percebido nas Tabelas 2 e 7 (Abaetetuba) e Tabelas 6 e 7 (Ulianópolis) quanto à evolução da produção em toneladas (t) de cana-de-açúcar entre os anos de 2000 e 2011, é que o município de Abaetetuba permaneceu produzindo 3.000 t/ano. Entretanto, em Ulianópolis ocorreu um significativo aumento na produção de 298%, que pode ser explicado pelo aumento de 330% de área plantada, como também, pode ser por outros fatores que serão explanados nos próximos itens.

A Tabela 7 apresenta a produção anual de cana-de-açúcar, referente a dados disponíveis no IBGE - pesquisa Produção Agrícola Municipal – PAM (2013) do período de 1993 até 2013, onde se mostra claramente a evolução da produção em Ulianópolis (PA) e a redução da produção em Abaetetuba (PA).

Percebe-se através dos dados apresentados no Gráfico 4 em relação a Área colhida (h) e a Quantidade produzida (t) de cana-de-açúcar em Ulianópolis no período de 2000 a 2011, que ambas variáveis possuem correlação forte, ou seja, apresentam crescimento praticamente homogêneo no período analisado.

De acordo o IBGE (2013) o município de Ulianópolis é responsável por aproximadamente 95% da produção paraense, sendo, portanto o maior produtor do estado do Pará a partir de 1993, resultado da produção do único empreendimento da agroindústria paraense no setor sucroalcooleiro, ou seja, na produção de açúcar cristal e de etanol (álcool anidro, utilizado na mistura com a gasolina e álcool hidratado, usado diretamente nos veículos Flex). Está instalada na zona rural do município de Ulianópolis onde possui aproximadamente 12 mil hectares com plantio de cana-de-açúcar e uma planta industrial com capacidade instalada para produção diária de 300 mil litros de etanol e oito mil sacas de 50 kg de açúcar (PAGRISA, 2015).

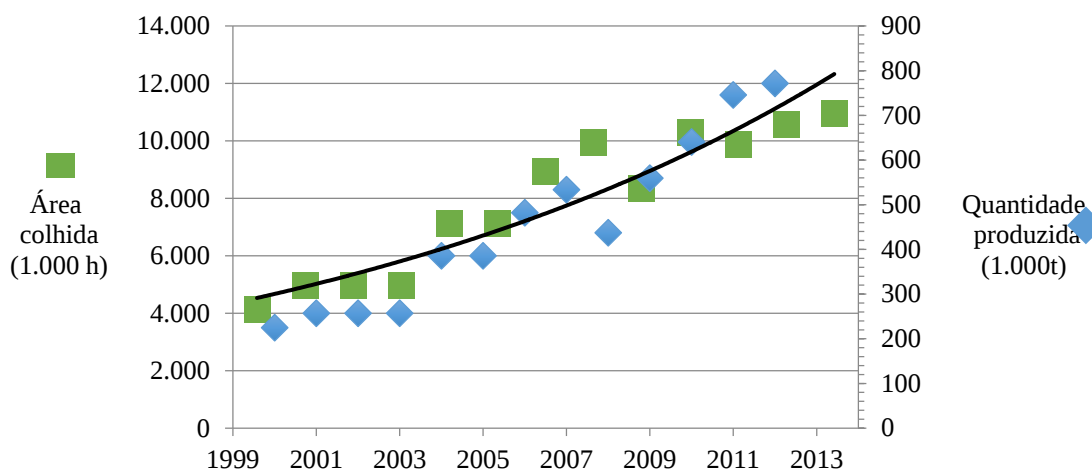
Tabela 7 - Produção Anual de Cana-de-açúcar (1.000 t) por Municípios – 1993 a 2013

ANOS	Abaetetuba	Ulianópolis	% Ulianópolis e a Região Norte	% Ulianópolis e o estado do Pará	Norte	Pará
1993	9.000	299.000	39%	66%	771.408	451.330
1994	6.000	299.000	36%	62%	841.779	478.430
1995	6.000	230.000	32%	54%	724.865	424.826
1996	4.000	196.000	41%	57%	472.591	344.123
1997	2.400	272.881	46%	62%	597.909	443.540
1998	3.000	268.047	34%	54%	795.818	496.256
1999	1.500	155.932	27%	65%	581.194	240.986
2000	3.000	266.000	29%	51%	915.508	520.082
2001	3.000	320.000	37%	83%	873.597	386.521
2002	3.000	320.000	40%	87%	794.672	368.712
2003	3.000	320.000	40%	87%	798.437	367.583
2004	3.000	459.000	48%	91%	955.837	504.225
2005	3.000	459.000	42%	91%	1.085.211	505.348
2006	3.000	573.750	45%	93%	1.287.166	618.316
2007	3.000	639.100	48%	94%	1.319.926	677.844
2008	3.000	537.200	34%	93%	1.597.337	574.660
2009	3.000	661.200	33%	95%	2.025.877	698.845
2010	3.000	635.576	31%	95%	2.071.620	668.738
2011	3.000	679.922	19%	95%	3.585.738	715.152
2012	3.000	703.500	21%	94%	3.340.423	750.378
2013	3.000	890.000	24%	95%	3.768.334	935.020
Total	117.500	9.185.108	31%	82%	29.205.247	11.170.915

Fonte: adaptado a partir dos dados da pesquisa Produção Agrícola Municipal - PAM (IBGE, 2013)

O gráfico 4 apresenta os dados de relação da área plantada sobre área colhida em Ulianópolis, desde o ano de 1999, a produção de cana-de-açúcar em Ulianópolis seguiu de forma crescente, utilizando técnicas de irrigação artificial nos períodos menos chuvosos e aproveitando o período mais chuvoso para o cultivo, a produção não sofreu danos em sua produção no período estudado.

Figura 9 - Área colhida(h) e Quantidade produzida(t) de cana-de-açúcar em Ulianópolis-1999 a 2013.



Fonte: adaptado a partir dos dados da pesquisa Produção Agrícola Municipal - PAM (IBGE, 2013)

5.5 Temperatura média mensal - Ulianópolis

O município de Ulianópolis apresenta temperatura média que é de 27,8°C, segundo o Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar no território brasileiro, a região é uma área de risco moderado para a plantação de cana-de-açúcar sendo indispensável irrigação intensiva para o plantio.

Na tabela 8, apresenta os resultados de Temperatura mensal em um período de 2000 a 2011 no município de Ulianópolis.

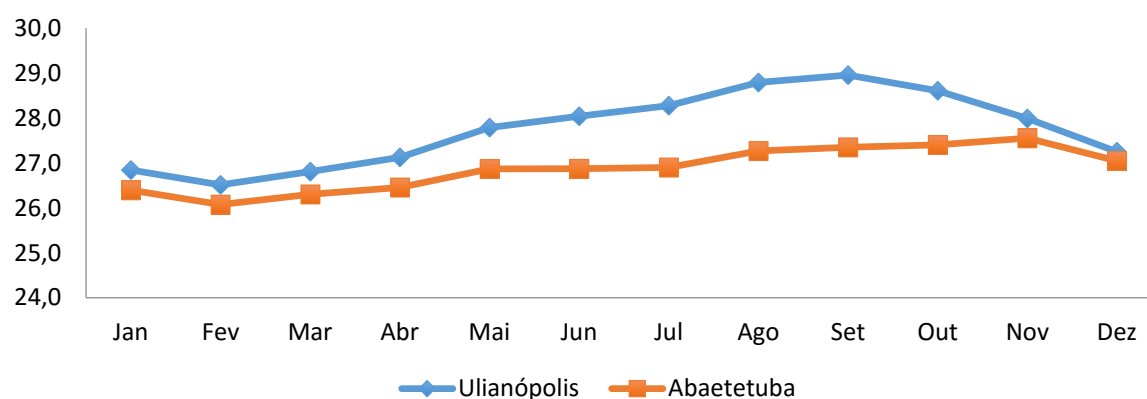
Tabela 8 - Temperatura Média Mensal - município de Ulianópolis.

ANO /MÊS	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	26,5	25,9	26,4	26,3	27,4	27,5	27,2	28,0	27,1	28,4	27,7	27,0
2001	26,0	25,8	26,0	26,6	27,5	27,2	27,8	28,2	29,1	29,1	28,2	27,4
2002	26,4	27,1	26,8	27,1	27,7	27,5	28,0	28,6	28,9	28,5	27,8	27,3
2003	27,1	26,4	26,4	27,6	28,2	28,0	28,6	28,6	28,7	28,4	27,5	27,5
2004	26,5	26,1	26,8	27,4	28,3	28,0	27,5	28,2	28,1	27,9	28,0	27,2
2005	27,8	27,2	27,5	28,3	28,5	29,3	29,2	29,6	29,2	29,2	28,4	27,8
2006	27,4	27,1	26,9	26,7	27,2	28,2	28,7	29,1	29,3	28,8	27,9	27,6
2007	27,9	26,3	27,2	27,5	28,8	28,3	28,7	28,8	29,3	28,6	28,4	27,1
2008	26,6	26,8	26,5	27,0	27,3	28,0	28,4	29,3	29,3	28,5	27,9	26,5
2009	26,8	26,3	26,8	26,4	26,3	27,6	28,5	29,2	29,2	28,6	28,4	26,9
2010	27,0	27,1	27,7	27,8	28,6	28,7	28,9	29,0	29,8	28,9	28,4	27,0
2011	26,0	26,1	26,7	26,8	27,8	28,3	27,9	28,9	29,5	28,5	27,2	27,7
Media	26,8	26,5	26,8	27,1	27,8	28,0	28,3	28,8	29,0	28,6	28,0	27,3

Fonte: INMET (2015)

A temperatura média mensal representativo para município de Abaetetuba é sempre menor que a observada no município de Ulianópolis e, apresentam variação semelhante ao longo do ano (gráfico 5), sendo que em Ulianópolis e Abaetetuba o mês de Fevereiro é o mês de menor temperatura média, com valores de 26,5°C e 26,0°C, respectivamente. O mês de setembro apresenta maiores temperaturas medias no município de Ulianópolis, com valores em torno de 29,0°C e em Abaetetuba as maiores temperaturas são observadas no mês de novembro, com médias em torno de 27,5°C no.

Figura 10- Temperatura Média mensal de Ulianópolis e Abaetetuba



Fonte: Autor

5.6 Precipitação média mensal representativo para Ulianópolis

Na tabela 10, mostra os valores de precipitação média mensal do município de Ulianópolis em um período de 2000 a 2011.

Tabela 9 - Precipitação média mensal – município de Ulianópolis

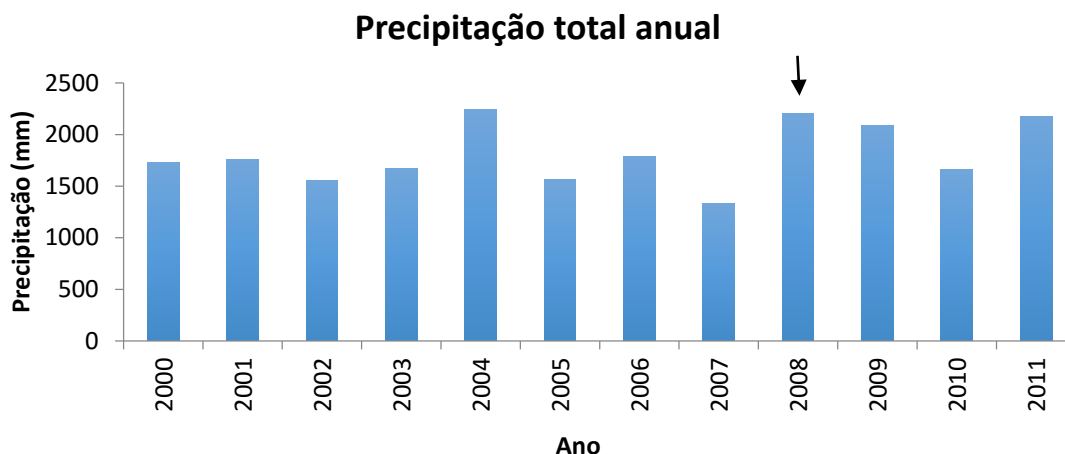
Ano /mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
2000	136,8	391,7	363,2	351,2	95,4	45,9	28,9	0,8	47,6	6,9	70,2	196,3	1734,9
2001	293,1	162,7	517,8	298,4	78,3	56,7	6,2	0	18,4	46	148,4	130,9	1756,9
2002	293,1	246,4	305,4	155,5	134,5	54,8	3	0	35,3	42,8	66,1	219,5	1556,4
2003	262,6	283,1	326,3	255,8	103	28,5	0	15,9	13,2	55,7	146,5	177,7	1668,3
2004	358,3	449,3	396,5	299,1	212,4	3,8	74,5	54	19,5	118,1	92,2	162,7	2240,4
2005	182,6	306,5	231,5	220,1	108,5	6,7	0,6	0	76,1	21,6	153,7	255,7	1563,6
2006	136,2	386	396,8	248,8	251,1	9,8	0,2	10,5	29,7	99,3	142,8	79,6	1790,8
2007	171,5	455,6	233,8	242,4	17,2	6,9	12,8	3,2	3,8	44,6	48,2	95	1335
2008	332,3	237,6	445,6	278,9	184,2	42,2	0	3,1	0	113,6	208,6	354,3	2200,4
2009	142,5	325,2	281,7	347,6	452	56,3	30,6	0,7	6,2	171,3	75,4	203,3	2092,8
2010	281,3	238,3	238,3	271,9	127,2	28,3	0	19	8,9	148,7	49,7	251,3	1662,9
2011	393,7	270,8	410,5	353,6	151,8	41,8	19,8	27,8	4,4	98,5	319,5	80,1	2172,3
Média	248,7	312,8	345,6	276,9	159,6	31,8	14,7	11,3	21,9	80,6	126,8	183,9	1814,6

Fonte: INMET (2015)

A região onde está localizada Ulianópolis, possui um baixo valor de precipitação, o gráfico 6 indica que no período de análise (2000-2011) os anos de baixo nível pluviométrico foram 2002 e 2007 (anos de El Niño) apresentando valores de 1.556 e 1.335 milímetros de precipitação ao ano, respectivamente. Os valores de produção de cana-de-açúcar no município de Ulianópolis manteve uma crescente dentro do período de análise, indicando que a

deficiência hídrica do solo obriga os produtores a fazer irrigação artificial na plantação para que a produção não sofra com a baixa quantidade de água no solo. Em 2008 houve a ocorrência de la nina, apresentando 2200 mm anual.

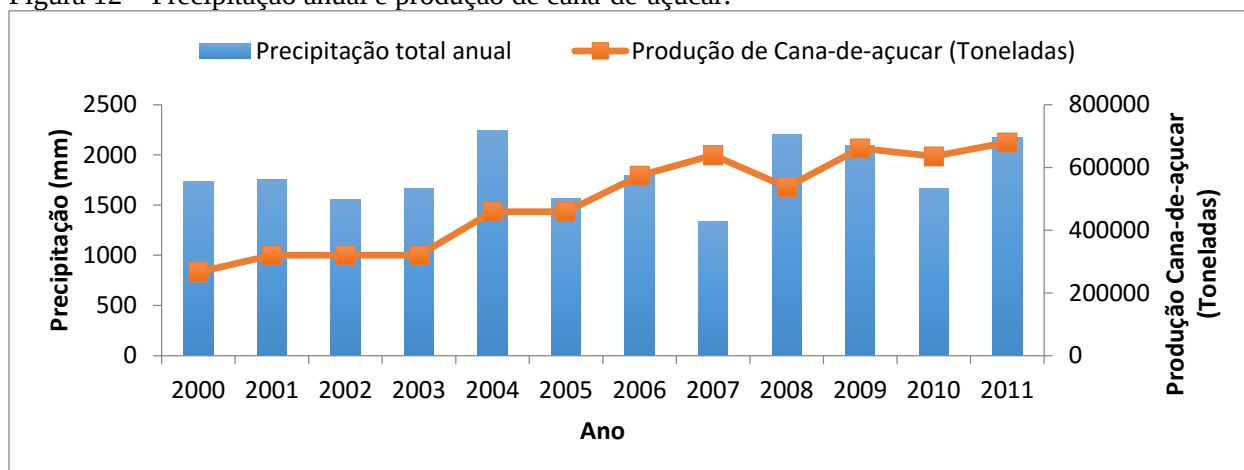
Figura 11 – Precipitação total anual representativo para município de Ulianópolis



Fonte: Autor

O gráfico 7 apresenta a relação entre os dados de precipitação anual e a produção anual de cana-de-açúcar no município de Ulianópolis durante o período estudado de 2000 a 2011, a produção de cana segue aumentando a partir do ano 2000 com 266 toneladas de cana-de-açúcar produzida, atingindo o pico em 2011 com 680 toneladas, relacionando esses dados com os valores de precipitação, em 2004 foi o ano que o volume de precipitação foi de 2.240 mm de chuva, maior valor de precipitação dentro do período estudado. Enquanto o ano de 2007 teve o menor valor de precipitação entre os outros anos estudados, apresentando 1.335 mm anual, tendo em vista o baixo valor de precipitação anual nesse ano, foi indispensável o uso de irrigação artificial em Ulianópolis, não alterando com isso os valores de produção.

Figura 12 – Precipitação anual e produção de cana-de-açúcar.



Fonte: Autor

5.7 Balanço hídrico representativo para Ulianópolis

Na tabela 11, apresenta os resultados obtidos pelo balanço hídrico no município de Ulianópolis obtido através do cálculo do balanço hídrico de Thorntwaite apresentando valores de média mensal de precipitação, evapotranspiração potencial, evapotranspiração real, déficit hídrico, excedente hídrico e armazenamento hídrico do solo.

Tabela 10 - Resultado do balanço hídrico em Ulianópolis

LOCALIDADE: Ulianópolis												
LATITUDE: 03° 44' 00''												
LONGITUDE: 47° 29' 25''												
FONTE E PERÍODO: INMET(2000-2011)												
RETENÇÃO HIDRICA: 125 mm												
Meses	T(C°)	TAB	CORR	ETP	PRP	PRP-ETP	NEG	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	26,8	4,6	30,9	142	246	104	0	125	125	142	0	81
Fev	26,5	4,5	28,2	127	311	184	0	125	0	127	0	184
Mar	26,8	4,6	30,9	142	336	194	0	125	0	142	0	194
Abr	27,1	4,6	30,3	139	267	128	0	125	0	139	0	128
Mai	27,8	4,9	31,5	154	152	-2	2	123	-2	154	0	0
Jun	28,0	4,9	30,6	150	35	-115	117	48	-75	110	40	0
Jul	28,3	5,1	31,5	161	14	-147	264	15	-33	47	114	0
Ago	28,8	5,2	31,2	162	10	-152	416	0	-15	25	137	0
Set	29,0	5,2	30,3	158	21	-137	553	0	0	21	137	0
Out	28,6	5,1	31,2	159	76	-83	636	0	0	76	83	0
Nov	28,0	4,9	30,0	147	128	-19	655	0	0	128	19	0
Dez	27,3	4,8	30,9	148	185	37	692	0	0	141	0	37
Total				1.789	1.783	-8				1.252	530	522

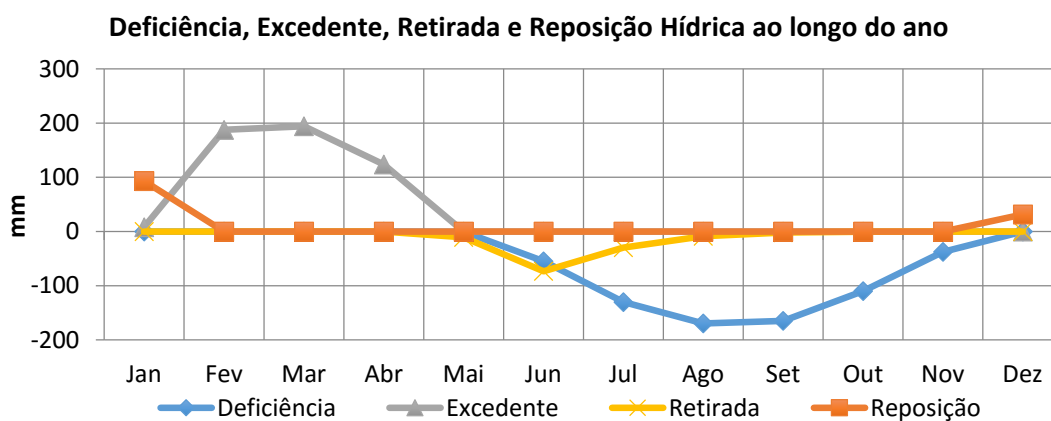
Fonte: Autor

A Climatologia de Ulianópolis apresenta: Temperatura média anual - $T(C^{\circ}) = 27,8^{\circ}C$; Precipitação anual - PRP (mm) = **1783mm**; Evapotranspiração potencial - ETP (mm) =

1789 mm; Evapotranspiração real - ETR (mm) = **1.1252 mm**; Deficiência hídrica anual - DEF (mm) = **530 mm**; Excedente hídrico anual - EXC (mm) = **522 mm**

No Gráfico 8 do balanço hídrico no município de Ulianópolis apontou o pico dos valores de excedente hídrico nos meses de fevereiro e março, o excedente vai de junho até o mês de novembro. Os valores de deficiência hídrica foram apontados nos meses de maio a novembro, sendo que os valores de reposição hídrica do solo apresenta deficiência entre os meses de maio a setembro, nesse tipo de solo o cultivo só é possível através de uma irrigação.

Figura 13 - Balanço Hídrico de Ulianópolis



Fonte: Autor

Deste modo, a região do município de Ulianópolis apresenta índice pluviométrico caracterizado por duas estações, sendo uma bastante chuvosa (inverno Amazônico), entre os meses de dezembro a abril com média de 233 mm de chuva por mês, e outra a estação seca (verão Amazônico), que comparado com o período menos chuvoso do município de Abaetetuba, Ulianópolis apresenta um período bem característico, de seca, tendo seu período menos chuvoso bastante rigoroso entre os meses de junho a outubro, possui uma precipitação média de aproximadamente 31 mm ao mês, apresentando déficit hídrico considerável entre os meses de junho a novembro com essas características de solo seco, para a produção de cana torna-se fundamental a utilização de irrigação artificial para compensar o período menos chuvoso e atender as necessidades hídricas do vegetal para o bom desenvolvimento do plantio.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo desenvolvimento do estudo foi possível analisar a produção de cana-de-açúcar identificando quem termos de condições climáticas e recursos hídricos do solo o município de Abaetetuba possui condições favoráveis para o plantio, pois praticamente não apresenta déficit hídrico elevado que possa prejudicar o plantio, e apresenta temperatura favorável para o desenvolvimento do vegetal. Embora tendo condições favoráveis para o plantio de cana-de-açúcar, atualmente, o município de Abaetetuba produz a cana de forma reduzida e artesanal tendo como foco a produção de cachaça, licor, caldo de cana e para alimentação de animais.

Já o município de Ulianópolis embora tenha um solo mais seco do que Abaetetuba mantém sua produção de cana-de-açúcar em larga escala, tendo como técnica de favorecimento para o desenvolvimento do vegetal, a irrigação artificial da plantação para compensar os períodos de déficit hídrico da região, que se estende nos meses de junho a outubro e aproveitando o período chuvoso para início do plantio que normalmente se estende aos meses de dezembro a maio, resultado da atividade de uma usina para processamento industrial da cana-de-açúcar, localizada no município.

Realizando um comparativo entre os municípios de Abaetetuba e Ulianópolis em termos meteorológicos, os mesmos apresentam características distintas, o que neste estudo foi pela resposta encontrada na análise dos fatores climáticos: temperatura e precipitação, buscando compreender como para estes fatores interferem no rendimento da plantação. Assim para Abaetetuba apresenta solo bastante úmido porque o déficit hídrico é reduzido ao longo do ano, dispensando irrigação artificial, com temperatura média de 26,9°C e precipitação média anual de 3.264 mm, com essas características o município de Abaetetuba, segundo o Zoneamento agroecológico brasileiro, apresenta baixo risco para a plantação da cana-de-açúcar. O município de Ulianópolis apresenta solo mais seco em comparação a Abaetetuba, com um déficit hídrico acentuado nos meses de julho a novembro, necessitando de irrigação artificial nesse meses para que a plantação não seja prejudicada, cujas umas das consequências seja o aumento dos custos da produção. Ulianópolis possui temperatura média de 27,8°C e precipitação média anual de 1.783 mm, que por estas condições indica como uma área de risco moderado segundo o Zoneamento agroecológico brasileiro. Com esses fatores, Abaetetuba apresenta melhores condições de solo e clima para plantação de cana-de-açúcar em comparativo com Ulianópolis.

A utilização do método para o cálculo do balanço hídrico proposto por Thornthwaite teve como objetivo, indicar a diferença de recursos hídricos do solo encontrados em cada municípios (Abaetetuba e Ulianópolis), analisando sua relação com os resultados

apresentados da produção de cana-de-açúcar, destacando-se as características de temperatura, precipitação de cada região e indicando o favorecimento ou não do plantio e produção em larga escala de cana-de-açúcar. Assim o valor do déficit hídrico do município de Abaetetuba encontrado foi em média 150 mm de precipitação mínima mensal (outubro e novembro) com um excedente de 1.583 mm (dezembro a maio), caracterizando assim a região com aptidão agrícola para a cultura da cana-de-açúcar, com disponibilidade de água e temperatura favoráveis ao cultivo.

De modo geral, um déficit hídrico anual de 200 mm, calculado através do método de balanço hídrico de Thornthwaite, define o limite acima do qual a região é considerada com deficiência hídrica sazonal, tornando-se recomendável o uso de irrigação, que é o caso de Ulianópolis, onde o déficit hídrico anual foi da ordem de 530 mm, indicando que este valor encontra-se acima do limite do qual o cultivo sem irrigação torna-se inviável.

O empreendimento para processamento industrial da cana-de-açúcar, localizada no município de Ulianópolis encontra-se nesta faixa de déficit hídrico acentuado, e em áreas com condições edáficas e de relevo favoráveis, mostrando que mesmo nas regiões onde o período menos chuvoso é bem definido e com irrigação do plantio, o cultivo da cana-de-açúcar no Pará mostra-se viável. De acordo com o banco de dados da pesquisa Produção Agrícola Municipal - PAM (IBGE, 2013), a área plantada com cana-de-açúcar é pouco expressiva no Estado do Pará, em relação aos demais Estados brasileiros. Comparativamente aos outros Estados da Região Norte, o Pará é o que apresenta a maior área plantada com a cultura, embora esta área represente apenas uma usina para processamento industrial da cana-de-açúcar, localizada no município de Ulianópolis.

REFERÊNCIAS

- ALFONSI, R. R.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; PEREIRA, A. R. Variação da difusividade térmica, profundidade de amortecimento e camada de extinção da onda de calor para solo da região de Campinas. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, p. 172-179, 1984.
- ALFONSI, R. R.; PEDRO JR, M. J.; BRUNINI, O.; BARBIERI, V. Condições climáticas para a cana-de-açúcar-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar-de-açúcar**: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 2010.
- ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002.
- ALMEIDA, A. C. S.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G. V. S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JÚNIOR, R. A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1441-1448, 2008.
- BARBIERI, V.; SILVA, F.C. da Adequação do método da zona agroecológica (FAO) para estimativa do acúmulo mensal potencial de matéria seca da cana-de-açúcar (*saccharum* spp.) e da produtividade agrícola para diferentes condições climáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2007. Aracaju – SE. **Anais...** Aracaju – SE. 1CD-ROM.
- BARBIERI, V.; VILLA NOVA, N. A. **Climatologia e a cana-de-açúcar**. Araras: PLANALSUCAR–Coordenadoria Regional Sul–COSUL, 1977. p. 1-22.
- BARBIERI, V. et al. Modelagem de cana-de-açúcar para previsão de produtividade de canaviais no Brasil e na Austrália. In: CONGRESO DE AGRO INFORMÁTICA, 2010, [S.l.]. **Anales**. [S.l.]: SADIO Sociedad Argentina de Informática, 2010. p. 745-762.
- BARBIERI, V.; SILVA, F. C. da; DÍAZ-AMBRONA, H.;G. C. Modelagem de cana-de-açúcar para previsão de produtividade de canaviais no Brasil e na Austrália. In: CONGRESO DE AGRO INFORMÁTICA, 2010, [S.l.]. **Anales...** [S.l.]: SADIO Sociedad Argentina de Informática, 2010. p. 745-762.
- BARBIERI, V. **Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**: um modelo matemático-fisiológico de estimativa. Piracicaba, 1993. 140f. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1993.
- BASTOS, T. X. et al. **Indicativo agroclimático para o cultivo de cana-de-açúcar no Pará no âmbito de microrregião**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Bioetanol de cana-de-açúcar**: energia para o desenvolvimento sustentável / organização BNDES e CGEE. Rio de Janeiro: BNDES. 2008. 316 p.
- CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. **Apostila de hidrologia**. 2006. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/apostila/hidro-Cap4-PPT.pdf>>. Acesso em: 20maio2015.

CASTRO, P. R. C. Maturadores químicos em cana-de-açúcar-de-açúcar. In: SEMANA DA CANA-DE-AÇÚCAR DE PIRACICABA, 4., Piracicaba, 1999. **Anais....** Saccharum: [s.n], 1999. v. 1, p. 12-16.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Cana-de-açúcar: características**. Brasília: Embrapa-AGEITEC, 2015. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/contag01_20_3112006152934.html>. Acesso em 18 Mai. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Cana-de-açúcar: produção. 2013. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/contag01_3_711200516715.html> Acesso em: 16 mai.2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Clima favorável à produção de cana-de-açúcar**. Brasília: Embrapa-AGEITEC. 2008. Disponível em: <http://www.http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/clima_para_cana_000fhc5hpr702wyiv80efhb2aul9pfw4.pdf>. Acesso em 18 Mai 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ (ESALQ). **Produção de etanol: uma opção competitiva para o aproveitamento de áreas alteradas no Leste do Pará**. Pólo Nacional de biocombustíveis. 2006.

EVANGELISTA B. A. **Projeção de cenários atuais e futuros de produtividade de cana-de-açúcar-de-açúcar em ambiente de Cerrado**. xxiii, 164f. Tese (Doutorado) – UNICAMP, Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola, Campinas, SP, 2011.

GHELLER. A. C. A. Fatores que afetam o desempenho de maturadores e reguladores de crescimento em cana-de-açúcar-de-açúcar. In: SEMANA DA CANA-DE-AÇÚCAR-DE-AÇUCAR DE PIRACICABA. 4. Piracicaba. 1999. **Anais...** Piracicaba: Saccharum. 1999. p. 16-19.

GHELLER. A. C. A. **Técnicas para o controle da podridão abacaxi em cana-de-açúcar-de-açúcar e modelo para as estimativas de perdas**. Piracicaba. 1995. 115f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 1995.

GOMES, A. R. A.; SARMENTO, P. L. V. S.; DINIZ, C. A.; SANTOS, M. A. L. dos; SÁ, L. A.; MOURA, A. B.; TAVARES, I.; TEODORO, I.; SOUZA, J. L.; SANTOS, J. R. T. **Variáveis meteorológicas e produtividade agroindustrial da cana-de-açúcar**. 2010. Disponível em: <http://www.sbmet.org.br/cbmet2010/artigos/374_22653.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2014.

GONSALVES, P. E.. **Livro dos alimentos**. 1. ed. [S.l.]: MG Editores, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Censo demográfico** 2000. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <<http://www.ibge.org.br>>. Acessado em: 10 abr. 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal** 2013. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1612&z=p&o=28&i=P>>. Acessado em: 10 abr. 2015.

INSTITUTO DE EDUCAÇÃO DE SÃO PAULO (IDESP). **Diagnóstico do município de Abaetetuba**. Belém: IDESP, 1977.

INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v. 92, p. 185-202. 2015.

MARCHIORI, L. F. S. **Influência da época de plantio e corte na produtividade da cana-de-açúcar de açúcar**. 2004. 271 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde>>. Acesso em: 29 nov. 2014.

MOTA, F. S. da. **Meteorologia agrícola**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1981. 376p.

PARÁ PASTORIL E AGRICOLA S/A (PAGRISA). **Apresentação da empresa**. Disponível em: <<http://www.pagrisa.com.br/negocios/>>. Acessado em: 10 abr. 2015.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia agrícola**. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Exatas. Piracicaba, SP. 2007. 192p. (Apostila - LCE, 306).

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. Um simulador dinâmico do crescimento de uma cultura de cana-de-açúcar. **Bragantina**, Campinas, v.45, n. 1. p 107-122, 1986.

RAMOS, P. A. Indústria cana-de-açúcar do Brasil: referencial historiográfico, temas e fontes. **América Latina en La História Económica**, Cidade do México v. 1, p.1, 1999.

ROCHA, F.C.S. Avaliação da eficiência técnica e análise financeira de um plantio comercial de cana-de-açúcar, *Saccharum officinarum* L., micro irrigado por gotejamento subsuperficial. 2001. 80p. Dissertação (Mestrado) – UFC, Fortaleza, 2001.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. 110p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Campus de Botucatu. Botucatu – SP, 1995.

RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P. L. dos; VALENTE, M. A.; REGO, R. S.; GAMA, J. R. N. F.; SILVA, J. M. L. da; SANTOS, E. da S.; ROLIM, P. A. M. **Zoneamento agroecológico do município de Tomé-Açu, Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 80 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 118).

ROSSETTI, L. A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e seguridade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 386-399, 2001.

SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E DA PESCA DO ESTADO DO PARÁ (SEDAP).. **Dados estatísticos da produção agrícola do estado do Pará no período de 2000 a 2011.** 2012. Disponível em: <<http://www.sagri.pa.gov.br/pagina/agricultura>.> Acesso: 26 jan 2015.

SILVA, J. P. N. da; SILVA, M. R. N. da. **Noções da cultura da cana-de-açúcar-de-açúcar.** 2012. 105f. - Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Inhumas, 2012.

TEIXEIRA, C. A. **Apostila de hidrologia aplicada.** 2007. 60 p.. Tese (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC, Campus Curitiba, 2007.

VASCONCELOS, A. C. M. de; DINARDO-MIRANDA, Leila Luci. **Dinâmica do desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar e implicações no controle de nematoides.** Americana, SP : Adônis, 2010. 56 p.

ANEXOS

ANEXO A- DADOS PARA CORREÇÃO DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO - TABULA DIÁRIA, SEGUNDO THORNTHWAITE, NÃO AJUSTADA PARA O COMPRIMENTO DO DIA, CORRESPONDENTE A TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA ENTRE 9,0°C E 35,5°C EM REGIÕES SUBTROPICAIS, COM TEMPERATURA MÉDIA ANUAL NORMAL ENTRE 22,5°C E 27,0°C (ÍNDICE T).

Temperatura média diária (°C)	Temperatura média anual normal da região em °C - Índice T									
	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0
6,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
7,0	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
7,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
8,0	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
8,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
9,0	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
9,5	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
10,0	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4
10,5	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5
11,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5
11,5	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6
12,0	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6
12,5	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7
13,0	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8
13,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9
14,0	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9
14,5	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
15,0	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1
15,5	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2
16,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3
16,5	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4
17,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5
17,5	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6
18,0	2,3	2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8
18,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9
19,0	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9
19,5	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1
20,0	2,8	2,8	2,8	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2
20,5	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4
21,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6
21,5	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7
22,0	3,3	3,3	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9
22,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1
23,0	3,6	3,6	3,5	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3
23,5	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,4	3,4	3,4
24,0	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,6	3,5	3,5	3,5
24,5	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7
25,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9
25,5	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1
26,0	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,3	4,3	4,3

Obs.: As temperaturas estão dadas em °C e os valores de evapotranspiração tabular em mm pluviométricos.

Fonte: Thornthwaite (1948) Adaptado de Notas de aula - Disciplina Agrometeorologia/UFGA (2012)

ANEXO B - DADO PARA CORREÇÃO DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO TABULA DIÁRIA, SEGUNDO THORNTHWAITTE, NÃO AJUSTADA PARA O COMPRIMENTO DO DIA, CORRESPONDENTE A TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA ENTRE 9,0°C E 35,5°C EM REGIÕES TROPICAIS-EQUATORIAIS, COM TEMPERATURA MÉDIA ANUAL NORMAL ENTRE 22,5°C E 27,0°C (ÍNDICE T).

Temperatura média diária (°C)	Temperatura média anual normal da região em °C - Índice T									
	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0
9,0	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
9,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
10,0	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
10,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
11,0	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
11,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
12,0	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
12,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
13,0	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
13,5	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3
14,0	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
14,5	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4
15,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5
15,5	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6
16,0	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7
16,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
17,0	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
17,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9
18,0	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0
18,5	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1
19,0	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3
19,5	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5
20,0	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7
20,5	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9
21,0	2,5	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1
21,5	2,6	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2
22,0	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4
22,5	3,0	2,9	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6
23,0	3,2	3,2	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8
23,5	3,4	3,3	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0
24,0	3,5	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,2
24,5	3,7	3,6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,4
25,0	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7
25,5	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
26,0	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3

Evapotranspiração diária, para Td acima de 26,0 (°C)										
Td	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0
- 0,0	4,3	4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,8	5,9	6,0	6,1
0,5	4,5	4,8	5,1	5,3	5,5	5,7	5,9	6,0	6,1	6,1

Obs.: As temperaturas estão dadas em °C e os valores de evapotranspiração tabular em mm pluviométricos.

Fonte: Thornthwaite (1948) adaptado de Notas de aula - Disciplina Agrometeorologia/UFGA (2012)

ANEXO C - FATORES DE CORREÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO TABULAR DIÁRIA (TABELA 9) PARA OBTENÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL MENSAL, AJUSTANDO O NÚMERO DE DIAS DO MÊS E A DURAÇÃO MÉDIA DO DIA NOS VÁRIOS MESES E LATITUDES DO HEMISFÉRIO NORTE.

MÊS LAT.	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0	31,2	28,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2
1	31,2	28,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2
2	31,2	28,2	31,2	30,3	31,5	30,6	31,2	31,2	30,3	31,3	30,3	30,9
3	30,9	28,2	30,9	30,3	31,5	30,6	31,5	31,2	30,3	31,2	30,0	30,9
4	30,9	27,9	30,9	30,6	31,8	30,9	31,5	31,5	30,3	31,9	30,0	30,6
5	30,9	27,9	30,9	30,6	31,8	30,9	31,8	31,5	30,3	30,9	29,7	30,6
6	30,9	27,9	30,9	30,6	31,8	31,2	31,8	31,5	30,3	30,9	29,7	30,3
7	30,3	27,6	30,9	30,6	31,2	31,2	31,1	31,8	30,6	30,6	29,4	30,3
8	30,3	27,6	30,9	30,9	31,2	31,5	31,1	31,8	30,6	30,6	29,4	30,0
9	30,3	27,6	30,9	30,9	32,4	31,5	32,4	31,8	30,6	30,6	29,4	30,0
10	30,0	27,3	30,9	30,9	32,4	31,5	32,4	31,8	30,6	30,6	29,4	30,0
11	29,7	27,3	30,9	30,9	32,7	31,8	31,7	32,1	30,6	30,6	29,1	29,7
12	29,7	27,3	30,9	31,2	32,7	31,1	33,0	32,1	30,6	30,6	29,1	29,4
13	29,4	27,3	30,9	31,2	32,7	32,1	33,0	32,1	30,6	30,3	29,1	29,4
14	29,4	27,3	30,9	31,2	33,0	32,4	33,3	32,4	30,6	30,3	28,8	29,1
15	29,1	27,3	30,9	31,2	33,3	32,4	33,6	32,4	30,6	30,3	28,5	29,1
16	29,1	27,3	30,9	31,2	33,3	32,4	33,6	32,4	30,6	30,3	28,5	29,1
17	29,1	27,3	30,9	31,2	33,3	32,7	33,6	32,7	30,6	30,3	28,5	28,8
18	28,8	27,0	30,9	31,5	33,6	33,0	33,9	33,0	30,6	30,0	28,2	28,5
19	28,8	27,0	30,9	31,5	33,6	33,0	34,2	33,0	30,6	30,0	27,9	28,5
20	28,5	27,0	30,9	31,5	33,9	33,3	34,2	33,3	30,6	30,0	27,9	28,2
21	28,2	27,0	30,9	31,5	33,9	33,3	34,2	33,3	30,6	30,0	27,6	28,2
22	28,2	26,7	30,9	31,8	34,2	33,6	34,5	33,3	30,6	29,7	27,6	26,7
23	27,9	26,7	30,9	31,8	43,2	33,9	34,8	33,6	30,6	29,7	27,6	27,6
24	27,9	26,7	30,9	31,8	34,5	34,2	34,8	33,6	30,6	29,7	37,3	27,6
25	27,9	26,7	30,9	31,8	34,5	34,2	35,1	33,6	30,6	29,7	27,3	27,6
26	27,6	26,4	30,9	32,1	34,8	34,5	35,4	33,9	30,6	29,7	27,3	27,3
27	27,6	26,4	30,9	32,1	34,8	34,5	35,4	33,9	30,6	29,7	27,0	27,0
28	27,3	26,4	30,9	32,1	35,1	34,8	35,4	33,9	33,9	29,4	27,0	27,0
29	27,3	26,1	30,9	32,4	36,1	34,8	35,7	33,9	33,9	29,4	26,7	26,7
30	27,0	26,1	30,9	32,4	35,4	35,1	36,0	34,2	30,9	29,4	26,7	26,4
31	27,0	26,1	30,9	32,4	35,4	35,1	36,0	34,2	30,9	29,4	26,4	26,4
32	26,7	25,8	30,9	32,4	35,7	35,4	36,3	34,5	30,9	29,4	26,4	26,1
33	26,4	25,8	30,9	32,4	35,7	35,4	36,3	34,5	30,9	29,4	26,4	26,1
34	26,4	25,8	30,9	32,7	36,0	36,0	36,6	34,8	30,9	29,1	25,8	25,5
35	26,1	25,5	30,9	32,7	36,3	36,3	36,9	34,8	30,9	29,1	25,8	25,5
36	26,1	25,5	30,9	33,0	36,3	36,3	37,2	34,8	30,9	29,1	25,8	25,6
37	25,8	25,5	30,9	33,0	36,9	36,9	37,5	35,1	30,9	29,1	25,5	24,9
38	25,5	25,2	30,9	33,0	36,9	37,2	37,5	35,1	31,2	28,8	25,2	24,9
39	25,5	25,2	30,9	33,3	36,9	37,2	37,8	35,4	31,2	28,8	25,2	24,6

Fonte: Thornthwaite (1948) adaptado de Notas de aula - Disciplina Agrometeorologia/UFGA (2012)

**ANEXO D - VALORES DE CORREÇÃO DE RETENÇÃO HÍDRICA para
RH = 50 mm**

NEG ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41
10	40	39	38	37	36	35	35	34	34	33
20	33	32	32	31	30	30	29	28	28	27
30	27	26	25	25	24	24	23	23	22	22
40	21	21	20	20	19	19	19	18	18	18
50	17	17	17	16	15	15	15	15	15	14
60	14	14	13	13	13	13	12	12	11	11
70	11	11	11	10	10	10	10	9	9	9
80	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8
90	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6
100	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5
110	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
120	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
130	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Fonte: Thornthwaite (1948) adaptado de Notas de aula - Disciplina Agrometeorologia/UFGA (2012)

ANEXO E - VALORES DE CORREÇÃO DE RETENÇÃO HÍDRICA para RH = 100
mm

NEG. ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91
10	90	89	88	88	87	86	85	84	83	82
20	81	81	80	79	78	77	77	76	75	74
30	74	73	72	71	70	70	69	68	68	67
40	66	66	65	64	64	63	62	62	61	60
50	60	59	59	58	58	57	56	56	55	54
60	54	53	53	52	52	51	51	50	50	49
70	49	48	48	47	47	46	46	45	45	44
80	44	44	43	43	42	42	41	41	40	40
90	40	39	39	38	38	38	37	37	36	36
100	36	35	35	35	34	34	34	33	33	33
110	32	32	32	31	31	31	30	30	30	30
120	29	29	29	28	28	28	27	27	27	27
130	26	26	26	26	26	25	25	24	24	24
140	24	24	23	23	23	23	22	22	22	22
150	22	21	21	21	21	20	20	20	20	20
160	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18
170	18	17	17	17	17	17	16	16	16	16
180	16	16	15	15	15	15	15	15	14	14
190	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13
200	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12
210	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11
220	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
230	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
240	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
250	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7
260	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6
270	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
280	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5
290	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
300	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
310	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
320	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
330	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
340	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
350	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2

Fonte: Thornthwaite (1948) adaptado de Notas de aula - Disciplina Agrometeorologia/UFGA (2012)

**ANEXO F - VALORES DE CORREÇÃO DE RETENÇÃO HÍDRICA para RH =
125 mm**

NEG.ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116
10	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106
20	106	105	104	103	102	102	101	100	99	99
30	98	97	96	95	94	94	93	92	91	90
40	90	89	88	87	86	86	85	84	84	83
50	83	82	82	81	80	80	79	79	78	77
60	76	76	75	74	74	73	73	72	72	71
70	70	70	69	69	68	68	67	67	66	65
80	65	64	64	63	63	62	62	61	61	60
90	60	59	59	58	58	57	57	56	56	55
100	55	55	54	54	53	53	53	52	52	51
110	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47
120	47	47	46	46	45	45	45	44	44	43
130	43	43	42	42	41	41	41	41	40	40
140	40	40	39	39	39	39	39	38	38	27
150	37	37	36	36	36	36	36	35	35	34
160	34	34	33	33	33	33	33	32	32	31
170	31	31	31	30	30	30	30	30	30	29
180	29	29	29	29	28	28	28	27	27	27
190	26	26	26	26	26	25	25	25	25	25
200	24	24	24	24	24	23	23	23	23	23
210	22	22	22	22	22	22	22	22	21	21
220	21	21	21	21	20	20	20	20	20	20
230	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18
240	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17
250	16	16	16	16	16	16	16	16	15	15
260	15	15	15	15	15	14	14	14	14	14
270	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13
280	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12
290	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11
300	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10
310	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9
320	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
330	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
340	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7

Fonte: Thornthwaite (1948) adaptado de Notas de aula - Disciplina Agrometeorologia/UFPA (2012)

ANEXO G

BALANÇO HIDRICO SEGUNDO THORNTHWAITE LOCALIDADE: _____												
LATITUDE: _____ LONGITUDE: _____												
FONTE E PERIODO: _____ RETENÇÃO HIDRICA: _____ mm												
MESES	Temperatura Média (0°)	TAB (mm)	CORR	ETP (mm)	P (mm)	P - ETP (mm)	NEG (mm)	ARN (mm)	ALT (mm)	ERT (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Janeiro												
Fevereiro												
Março												
Abril												
Mai												
Junho												
Julho												
Agosto												
Setembro												
Outubro												
Novembro												
Dezembro												
Σ TOTAL												

Fonte: Nota de aula Disciplina Agrometeorologia UFPA (2012)