UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

REIVANY EDUARDO MORAIS LIMA

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E DE PRODUÇÃO EM PLANTAS DE CAJUEIRO ANÃO PRECOCE EXPLORADAS SIMULTÂNEA PARA GOMA, CASTANHA E PEDÚNCULOS, SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO

FORTALEZA-CE
2014

REIVANY EDUARDO MORAIS LIMA

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E DE PRODUÇÃO EM PLANTAS DE CAJUEIRO ANÃO PRECOCE EXPLORADAS SIMULTÂNEA PARA GOMA, CASTANHA E PEDÚNCULOS, SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Dr. Marlos Alves Bezerra

FORTALEZA-CE

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

L697r Lima, Reivany Eduardo Morais.
Respostas fisiológicas e de produção em plantas de cajueiro anão precoce exploradas simultânea para goma, castanha e pedúnculos, sob diferentes níveis de irrigação e adubação / Eivany Eduardo Morais Lima. – 2014.
101 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2014.
Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.
Orientação: Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra.

1. Gomas e resinas. 2. Caju. 3. Fisiologia vegetal. I. Título.

CDD 630

REIVANY EDUARDO MORAIS LIMA

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E DE PRODUÇÃO EM PLANTAS DE CAJUEIRO ANÃO PRECOCE EXPLORADAS SIMULTÂNEA PARA GOMA, CASTANHA E PEDÚNCULOS, SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

APROVADA EM: 24/02/2014

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra (Orientador)
EMBRAPA Agroindústria Tropical

Dr. Afrânio Arley Teles Montenegro
EMBRAPA Agroindústria Tropical

Prof. Enéas Gomes Filho
Universidade Federal do Ceará

À minha querida família

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Eliane e meu pai Paulo pelo apoio emocional, durante toda minha vida estudantil, ao apoio nos momentos difíceis e, sobretudo ao seu amor por mim.

À Universidade Federal do Ceará pela oportunidade do meu desenvolvimento profissional e pessoal durante o período de pós-graduação.

À Embrapa Agroindústria Tropical pela realização do trabalho e por todo o suporte desde a graduação.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

Ao Dr. Marlos Alves Bezerra da Embrapa Agroindústria Tropical pela sua orientação, atenção, dedicação, palavras de conforto e sempre precisas, ao tempo a mim dedicado e sobretudo pela paciência.

Ao Dr. Afrânio Arley Teles Montenegro da Embrapa Agroindústria Tropical pelo incentivo e pela admirável paciência e atenção.

A Prof. Enéas Gomes Filho da UFC pela atenção, paciência e incentivo.

À minha namorada e companheira Lívia, pelo incentivo, ajuda e pelos bons momentos compartilhados.

À minha irmã pelo incentivo para estudar, ao carinho e amor.

Aos demais membros da família que sempre apoiaram cada um da sua forma para minha formação profissional.

Aos companheiros de trabalho do laboratório de fisiologia vegetal, pelos anos de amizade, pelos momentos de alegria compartilhados e mão amiga nos momentos mais difíceis.

A todos os amigos que estiveram ao meu lado nessa conquista.

RESUMO

A goma arábica no Brasil tem grande relevância nas indústrias alimentícias, farmacêuticas e na área cosmética. A goma de cajueiro apresenta grande semelhança com a goma arábica, apresentando potencial de substitui-la. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar respostas fisiológicas e econômicas da produção simultânea de goma, pseudofruto e frutos de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob dois regimes hídricos e três diferentes níveis de adubação. O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Pacajus, da Embrapa Agroindústria Tropical, por um período de quinze meses, em plantas de cajueiro anão precoce do clone CCP 76, com idade de 18 anos e espaçadas 7 metros entre plantas e fileiras. As plantas foram submetidas a dois regimes hídricos, irrigado e sequeiro. Para cada um desses regimes foram aplicadas três diferentes doses de nutrição mineral: 50%, 100% e 150% da adubação recomendada. O experimento ficou configurado como um fatorial 2x3. Além do fatorial citado, utilizamos os meses de avaliação para formar outro fator: três estádios de desenvolvimento distintos (Vegetativo, Floração e Frutificação) com o regime hídrico (2x3). A coleta da goma foi realizada quinzenalmente, totalizando 30 coletas gerais. Para estimular uma maior produção de goma foi aplicado um estimulante químico. Mensalmente foram monitoradas as trocas gasosas das plantas e os teores de carboidratos solúveis das folhas. No período da safra foi avaliada a produção de castanha e pedúnculo, além dos sólidos solúveis do pedúnculo. Economicamente foi avaliado o custo total da produção simultânea dos produtos citados e a estimativa do custo unitário da goma em R$/kg, além de receitas e lucros dessa exploração. As variáveis, após teste *F*, foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, avaliadas pelo software SAS. A taxa fotossintética foi mais influenciada pela aplicação de água (apresentando diferença estatística para quase todos os meses), enquanto a condutância estomática apresentou diferença estatística para apenas alguns dos meses avaliados. A variação no nível de adubação não acarretou significância para as trocas gasosas. Considerando as fases fenológicas, as menores taxas de trocas gasosas ocorreram na fase de frutificação, apresentando diferença estatística quando comparadas às outras duas fases. O comportamento dos teores de carboidratos solúveis nas folhas foi inverso ao observado para as trocas gasosas, com menores valores no estádio de floração, indicando a produção e translocação para os fortes drenos no período de floração e preenchimento dos frutos. Na produção de goma no segundo semestre, as plantas quando irrigadas com menor nível de adubação apresentaram menores produções. Considerando a produção anual, não houve diferença estatística entre os tratamentos. As produções de castanha e de pedúnculo não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos, independente do fator e até comparando-se com uma parcela testemunha (sem aplicação de tratamentos e sem extração da goma). Entretanto, para os sólidos solúveis do pedúnculo, a testemunha apresentou elevados valores em °Brix, diferenciando dos tratamentos em sequeiro com 50 e 150% de adubação. Avaliando o custo total de produção, no nível de 150% foi evidenciado o maior e menor custo, no irrigado e em sequeiro, respectivamente. No cenário irrigado com 50% da adubação recomendada foi encontrado o maior preço unitário da goma para cobrir os custos. O menor custo de produção da goma de cajueiro (R$ 49,18) foi encontrado no sequeiro com 50% da adubação recomendada. As plantas em regime de sequeiro e com 100% da adubação recomendada apresentaram maiores lucros, quando exploradas integralmente.

Palavras-chave: Goma de cajueiro, análise econômica, trocas gasosas

ABSTRACT

The gum arabic in Brazil has broad relevance in the food, pharmaceutical industries and cosmetics area. The cashew gum has much similarity to gum arabic, with potential to replace it. So, the objective of this study was to evaluate physiological and economic responses to the simultaneous production of gum, pseudo fruit and fruit of plants dwarf cashew grown under two water regimes and three different levels of fertilization. The experiment was conducted at the Experimental Station Pacajus, of the Embrapa Agroindustry Tropical, for a period of fifteen months, in dwarf cashew plants of clone CCP-76, with 18 aged and spaced 7 meters between plants e rows. The plants were subjected to two water regimes, irrigated and not irrigated. For each these systems were applies three different levels of mineral nutrition: 50%, 100% e 150% of the recommended fertilization. The experiment was set up as a factorial 2x3. Also factorial cited we used the month evaluation to form another factor: three distinct developmental stages (vegetative, flowering and fruiting) with the water regimes (2x3). The collection of gum was realized the each two weeks, totaling 30 samples. To stimulate greater production of gum a chemical stimulant was applied. Monthly were monitored gas exchange of plants and soluble carbohydrate contents of the leaves. In the period of crop were evaluated production of the cashew nuts and peduncle, also of soluble solids from the peduncle. Economically were evaluates the total cost of the simultaneous production of products mentioned and the estimated unit cost of the gum, also of revenues and profits from this holding. The variables after *F* tests, were submitted to the Tukey test at 5% of probability, evaluated using the SAS software. The photosynthetic rate was more influenced by water application (presenting statistical difference for almost all months), while stomatal conductance showed statistical significance for only a few months evaluated. The variation in the level of fertilization didn't cause significant for gas exchange. Considering the phenological phases, the lowest rates of gas exchange occurred during the fruiting phase, showing statistical difference when compared to the other phases. The behavior of the levels of soluble carbohydrates in the leaves was opposite to that observed in gas Exchange, with lower values at flowering, indicating the production and translocation to the drains Strong in the period of flowering and fruit filling. In the production of gum in second half of year, when the plants irrigated with lower fertilizer showed smaller productions. Considering the annual production, there wasn't statistical difference among treatments. The production of cashew nuts and peduncle there didn't show statistical difference among treatments, regardless of factor and too comparing with a control plot (without application of treatments and without extraction of gum). However, for the soluble solids from the peduncle, the control showed high values in °Brix, differencing of treatments not irrigated with 50 and 150% of fertilization. Evaluating the total cost of production, in the level 150% was evidence the highest and the lowest cost, in the irrigated and not irrigated, respectively. In irrigated with 50% of the recommended fertilizer was found the highest unit price of te gum, for to cover the costs. The lowest cost of producer gum cashew (R$ 49,18) was found in system not irrigated with 50% of the recommended fertilization. Plants in system not irrigated had higher profits when exploited fully.

Palavras-chave: Gum cashew, economic analysis, gas exchange

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Goma arábica, goma karaya, goma ghatti..... 29

FIGURA 2 – Representação da estrutura do polissacarídeo extraído do exsudato do cajueiro..... 30

FIGURA 3 – Dados de precipitação mensal da região no período de 2012, 2013 e série histórica..... 35

FIGURA 4 – Croqui da área experimental, disposição dos fatores regime hídrico e níveis de adubação..... 37

FIGURA 5 – Aplicação do calcário dolomítico, aplicação do composto mineral de forma manual e incorporação do adubo com implemento de enxadas rotativas..... 40

FIGURA 6 – Abertura dos cortes para extração da goma de cajueiro, proteção dos corte com plástico para evitar a perda da goma por lavagem com água da irrigação e das chuvas..... 42

FIGURA 7 – Condutância estomática ao vapor de água, de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob irrigação e em condições de sequeiro..... 52

FIGURA 8 – Condutância estomática ao vapor de água, de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas com 50%, 100% e 150% da adubação recomendada... 53

FIGURA 9 – Condutância estomática, de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob dois diferentes regimes hídricos e em três fases fenológicas distintas. 55

FIGURA 10 – Taxa de assimilação líquida de carbono – fotossíntese, de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob irrigação e em condições de sequeiro..... 57

FIGURA 11 – Taxa de assimilação líquida de carbono – fotossíntese, de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas com 50%, 100% e 150% da adubação recomendada..... 59

FIGURA 12 – Taxa de assimilação líquida de carbono – fotossíntese, de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob dois diferentes regimes hídricos e em três fases fenológicas distintas..... 60

FIGURA 13 – Taxa de transpiração foliar, de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob irrigação e em condições de sequeiro..... 63

FIGURA 14 – Taxa de transpiração foliar, de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas com 50%, 100% e 150% da adubação recomendada..... 64
FIGURA 15 – Taxa de transpiração foliar, de plantas de cajueiro anão cultivadas sob dois diferentes regimes hídricos e em três fases fenológicas distintas..... 65
FIGURA 16 – Teores de carboidratos solúveis nas folhas de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob irrigação e em condições de sequeiro..... 67
FIGURA 17 – Teores de carboidratos solúveis nas folhas de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas com 50%, 100% e 150% da adubação recomendada... 68
FIGURA 18 – Teores foliares de carboidratos solúveis de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob dois regimes hídricos e em três fases fenológicas distintas..... 69
FIGURA 19 – Produção mensal de goma por planta de cajueiro anão precoce cultivada sob irrigação e em condições de sequeiro..... 71
FIGURA 20 – Produção mensal de goma por planta de cajueiro anão precoce cultivada com 50%, 100% e 150% da adubação recomendada..... 72
FIGURA 21 – Produção mensal de goma por planta de cajueiro anão precoce cultivados sob dois regimes hídricos e em três fases fenológicas distintas 74
FIGURA 22 – Produção anual de goma de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob dois regimes hídricos e três níveis de adubação..... 75
FIGURA 23 – Produção de castanha, produção de pedúnculo e teores de sólidos solúveis do pedúnculo para a safra 2013/2014 de cajueiro anão precoce, cultivado sob influência de dois regimes hídricos e três níveis de adubação..... 78
FIGURA 24 – Produção de castanha, de pedúnculo e teores de sólidos solúveis do pedúnculo para a safra 2013/2014 de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob sete tratamentos independentes..... 79

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Classificação das gomas quanto à sua fonte..... 29

TABELA 2 – Composição da goma de cajueiro em diferentes regiões geográficas..... 30

TABELA 3 – Análise de solo da área experimental..... 38

TABELA 4 – Recomendação de adubação para o cajueiro anão precoce..... 39

TABELA 5 – Dados para elaboração do calendário de irrigação experimental..... 41

TABELA 6 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio) para condutância estomática de folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos quatro primeiros meses de avaliação, sob dois regimes hídricos: irrigado e sequeiro e sem o fator nível de adubação..... 50

TABELA 7 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio) para condutância estomática (*gs*) de folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos meses de avaliação, das plantas sob dois regimes hídricos e três níveis de adubação..... 51

TABELA 8 – Desdobramento da interação das médias para condutância estomática das folhas, nos diferentes regimes hídricos dentro dos níveis de adubação e desse dentro dos diferentes regimes hídricos para o mês de outubro de 2013..... 54

TABELA 9 – Resumo da análise de variância para condutância estomática (gs) de folhas de cajueiro anão precoce, sob influência de dois fatores: regime hídrico e fases fenológicas..... 54

TABELA 10 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio) para fotossíntese líquida de folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos quatro primeiros meses de avaliação, sob dois regimes hídricos: irrigado e sequeiro e sem o fator nível de adubação..... 55

TABELA 11 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio) para fotossíntese líquida de folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos meses de avaliação, das plantas sob dois regimes hídricos e três níveis de adubação..... 56

TABELA 12 – Desdobramento da interação entre os fatores regime hídrico e níveis de adubação das médias da taxa de assimilação líquida de carbono – fotossíntese no mês de outubro de 2013..... 59
TABELA 13 – Resumo da análise de variância para fotossíntese líquida de folhas de cajueiro anão precoce, sob influência de dois fatores: regime hídrico e fases fenológicas..... 60
TABELA 14 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio) para transpiração de folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos quatro primeiros meses de avaliação, sob dois regimes hídricos: irrigado e sequeiro e sem o fator nível de adubação..... 62
TABELA 15 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio) para transpiração de folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos meses de avaliação, das plantas sob dois regimes hídricos e três níveis de adubação..... 61
TABELA 16 – Resumo da análise de variância para transpiração de folhas de cajueiro anão precoce, sob influência de dois fatores: regime hídrico e fases fenológicas..... 65
TABELA 17 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio) para os teores de carboidratos solúveis nas folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos meses de avaliação, sob dois regimes hídricos: irrigado e sequeiro e sem o fator nível de adubação..... 66
TABELA 18 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio) para o teor de carboidratos solúveis nas folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos meses de avaliação, das plantas sob dois regimes hídricos e três níveis de adubação..... 66
TABELA 19 – Resumo da análise de variância para o teor de carboidratos solúveis nas folhas de cajueiro anão precoce, sob influência de dois fatores: regime hídrico e fases fenológicas..... 68
TABELA 20 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio) para a produção mensal de goma por planta de cajueiro anão precoce, ao longo dos quatro primeiros meses de avaliação, sob dois regimes hídricos: irrigado e sequeiro e sem o fator nível de adubação..... 70

TABELA 21 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio) para a produção mensal de goma por planta de cajueiro anão precoce ao longo dos meses, sob dois regimes hídricos e três níveis de adubação..... 70

TABELA 22 – Desdobramento da interação entre os fatores regime hídrico e níveis de adubação, das médias de produção de goma para os meses de junho, setembro, outubro e dezembro de 2013..... 73

TABELA 23 – Resumo da análise de variância para a produção mensal de goma por planta de cajueiro anão precoce, sob influência de dois fatores: regime hídrico e fases fenológicas..... 73

TABELA 24 – Resumo da análise de variância para a produção anual de goma por planta de cajueiro anão precoce, sob dois regimes hídricos e três níveis de adubação..... 75

TABELA 25 – Resumo da análise de variância (Quadrado médio) para produção de castanha, produção de pedúnculo e teores de sólidos solúveis do pedúnculo para a safra 2013/2014, sob influência de dois regimes hídricos e três níveis de adubação..... 76

TABELA 26 – Resumo da análise de variância para produção de castanha, produção de pedúnculo e sólidos solúveis do pedúnculo para a safra 2013/2014 de cajueiro anão precoce, sob sete tratamentos independentes..... 78

TABELA 27 – Quantidade de adubos utilizados ($kg.ano^{-1}.ha^{-1}$) no plantio do cajueiro anão precoce, para os diferentes níveis de adubação utilizados..... 80

TABELA 28 – Custo de produção detalhado para produzir a goma, castanha e pedúnculo de plantas de cajueiro anão precoce em cultivo irrigado com aplicação de três diferentes níveis de adubação (50% de adubação, 100% de adubação e 150% de adubação) no primeiro ano de extração, utilizando sistema semimecanizado..... 82

TABELA 29 – Custo de produção detalhado para produzir a goma, castanha e pedúnculo de plantas de cajueiro anão precoce em cultivo de sequeiro com aplicação de três diferentes níveis de adubação (50% de adubação, 100% de adubação e 150% de adubação) no primeiro ano de extração, utilizando sistema semimecanizado..... 84

TABELA 30 – Produção de goma, castanha e pedúnculo de cajueiro anão precoce em kg.ha^{-1}.ano^{-1}, para os diferentes regimes hídricos e níveis de adubação.. 88

TABELA 31 – Receitas e lucros para a exploração simultânea de goma, castanha e pedúnculo de cajueiro anão precoce sob diferentes níveis de irrigação e adubação (exploração realizada em um hectare, no período de um ano), utilizando sistema semimecanizado..... 89

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	**16**
2	**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**	**18**
2.1	**O Cajueiro**	**18**
2.1.1	***Botânica e origem***	**18**
2.1.2	***Importância socioeconômica***	**19**
2.2	**Irrigação**	**20**
2.2.1	***Na produção vegetal***	**20**
2.2.2	***No cultivo do cajueiro***	**21**
2.2.3	***Transporte de água no solo e na planta***	**23**
2.3	**Nutrição mineral**	**24**
2.3.1	***Na produção vegetal***	**24**
2.3.2	***No cultivo do cajueiro***	**25**
2.4	**A goma**	**26**
2.4.1	***Aspectos gerais***	**26**
2.4.2	***Goma de cajueiro***	**29**
2.5	**Análise econômica**	**32**
2.5.1	***Custo de produção***	**32**
3	**MATERIAL E MÉTODOS**	**35**
3.1	**Área experimental**	**35**
3.2	**Tratamentos**	**36**
3.3	**Nutrição mineral das plantas**	**37**
3.4	**Sistema de irrigação e manejo da água**	**40**
3.5	**Extração da goma**	**42**
3.6	**Trocas gasosas**	**43**

3.7 Teor de carboidratos nas folhas..... 43
3.8 Produção e qualidade de castanha e pedúnculo..... 44
3.9 Análise econômica..... 45
***3.9.1 Custo de produção total*..... 45**
***3.9.2 Custo de produção isolado da goma e estimativa de preço unitário*..... 47**
***3.9.3 Receitas e lucros por cenário*..... 47**
3.10 Análise estatística..... 48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 49
4.1 Água aplicada..... 49
4.2 Condutância estomática ao vapor d´água (g_s)..... 50
4.3 Taxa de assimilação líquida de carbono (*A*)..... 55
4.4 Taxa de transpiração foliar (*E*)..... 61
4.5 Teores foliares de carboidratos solúveis totais..... 66
4.6 Produção de goma do cajueiro..... 69
***4.6.1 Produção mensal*..... 69**
***4.6.2 Produção anual*..... 74**
4.7 Produção de castanha e de pedúnculo e teores de sólidos solúveis do pedúnculo..... 76
4.8 Análise econômica..... 80
***4.8.1 Custo de produção da goma, castanha e pedúnculo*..... 80**
***4.8.2 Custo de produção da goma*..... 87**
***4.8.3 Receitas e lucros por cenário*..... 88**
5 CONCLUSÕES..... 90
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 91
REFERÊNCIAS..... 92

1 INTRODUÇÃO

O cajueiro apresentou em 2011 uma área plantada de 758.585 hectares, colocando o Brasil entre os cinco maiores produtores dessa fruteira. Esta cultura é de grande importância no Nordeste, especialmente para os Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, que detêm cerca de 99% da área plantada (IBGE, 2012).

Mesmo sendo considerada uma cultura com pouca exigência hídrica, podendo ser cultivada em regiões com baixa precipitação anual, o cajueiro irrigado permite elevar sua produção, acrescer o período de safra e melhorar atributos de qualidade do pseudofruto (pedúnculo) e do fruto (castanha) (MIRANDA, 2005) e, talvez, esta aplicação de água possa influenciar na produção da goma de cajueiro. No Nordeste do Brasil, a irrigação ainda carece de estudos para manifestar sua máxima potencialidade, necessitando de um manejo eficiente, que por sua vez está diretamente relacionado à quantidade de água a ser utilizada (SOUZA, 2001). Além da irrigação, outro fator relevante para melhoria de produtividade é a fertilidade do solo, pois define as condições necessárias para o suprimento dos nutrientes minerais, o qual em condições apropriadas desponta melhores rendimentos e qualidade do produto colhido (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O Estado do Ceará, com 53% de área de cajueiro plantada no país, destina o seu pomar principalmente para obtenção da amêndoa, destacando-se como maior produtor nacional, com 111.718 toneladas em 2011 e valor de produção de aproximadamente R$ 144 milhões (IBGE, 2012). Entretanto, para que a cajucultura se torne uma atividade mais lucrativa e sustentável, faz-se necessário o aproveitamento integral de coprodutos do cajueiro. Dentre esses coprodutos podemos citar a goma (resina) do cajueiro, tendo em vista a vasta área plantada e a ampla semelhança da mesma com a goma arábica (goma de grande expressão comercial).

A goma arábica é obtida principalmente de duas espécies cultivadas na África: *Acacia senegal* e *Acacia seyal*. Em 2008, a quantidade total de goma arábica exportada em nível mundial foi de aproximadamente 60.000 toneladas. Atualmente, estima-se uma produção anual de 40.000 toneladas, com os países africanos Sudão e Nigéria sendo os maiores produtores e exportadores (GUM ARABIC, 2013).

No Brasil, a goma arábica tem grande relevância nas indústrias alimentícias, farmacêuticas e na área cosmética. A taxa de importação de goma arábica no Brasil vem aumentando na ultima década, passando de cerca de 780 toneladas no ano 2000 para

aproximadamente 1.360 toneladas no ano de 2011, ou seja, um acréscimo de 74,4% em 11 anos. Os custos de importação para o ano de 2011 alcançou aproximadamente US$ 5,8 milhões (ALICEWEB, 2013).

Considerando uma produção média de goma de cajueiro.planta^{-1}.ano^{-1} de 700 g (BANDEIRA, 1991) e levando em consideração que a densidade de plantio para o cajueiro comum é de 100 plantas.ha^{-1}, haveria a possibilidade de produção de 70 kg.ha^{-1}.ano^{-1}, ou de 143 kg.ha^{-1}.ano^{-1} para o cajueiro anão precoce (densidade de 204 plantas.ha^{-1}). Se essa produção fosse extrapolada para a área plantada de cajueiro no Nordeste brasileiro, a quantidade produzida seria bem superior à importação de goma arábica em 2011 (1.360 toneladas), proporcionando uma redução nos custos com importação da goma arábica e até mesmo permitindo que o país passasse a ser exportador desse material, aumentando suas receitas comerciais no setor de exportações.

Mediante o exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar respostas fisiológicas e econômicas da produção simultânea de goma, pseudofruto (pedúnculo) e frutos (castanha) de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob dois regimes hídricos e três diferentes níveis de nutrição mineral (adubação).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O cajueiro

2.1.1 Botânica e origem

O cajueiro *Anacardium occidentale* L. pertence à família Anacardiaceae. Esta família é composta por mais de 60 gêneros e 400 espécies, a qual conglomera árvores e arbustos tropicais e subtropicais que apresentam, dentre outras características, caule resinoso. Além do cajueiro, pertencem a esta família outras fruteiras como: mangueira, umbuzeiro, cajá-umbuzeiro, cajazeira (SOARES, 1986).

Além de evidências circunstanciais das primeiras menções e estudos, a distribuição geográfica, o comportamento ecológico, os padrões de variação da espécie e a utilização pelo homem, sugerem o Brasil como o centro de origem da espécie *Anacardium occidentele* L., ou, pelo menos, todo o norte da América do Sul e parte da América Central (BARROS, 2002).

Presente em uma ampla área do litoral brasileiro na época do descobrimento, pelo seu notável valor, a espécie foi observada pelos colonizadores e foi disseminada por quase todo o país (LIMA, 1998). Também foi levada para o exterior pelos portugueses, inicialmente até a Índia no século XVI, e atualmente, constitui para muitas nações uma exploração que desponta vantagens econômicas (SOARES, 1986) nos continentes asiático, sul-americano e africano (LIMA, 1998).

O cajueiro divide-se em dois ecótipos: comum e anão precoce. No tipo comum, as plantas caracterizam-se pelo porte alto, atingindo de 15 a 20 m, envergadura de 10 a 20 m, copa ereta e densa a espalhada. A primeira floração dá-se no período entre o 3º e 5º ano de idade, o peso da castanha varia de 3 a 33 g e o peso do pedúnculo de 20 a 500 g com coloração de amarela à vermelha (BARROS, 1988). Produz de 1 a 180 kg de castanhas por planta por safra, estabilizando a produção no 8º ano (OLIVEIRA, 2008). Para o tipo anão precoce, as plantas apresentam porte baixo (4 a 6 m), copa compacta com 7 m de envergadura e ereta, floresce aos seis meses de idade e geralmente são propagadas por enxertia. O peso da

castanha varia de 3 a 13 g, o peso do pedúnculo varia de 20 a 160 g (BARROS, 1988) e a produção fica em torno de 1000 kg de castanha.ha^{-1} (OLIVEIRA, 2008).

A inflorescência é uma panícula terminal onde se encontram flores masculinas (estaminadas) e hermafroditas (perfeitas), denominando a planta como andromonóica. O número de panículas por planta e a distribuição de flores por panícula é bastante variável (DAMODARAN *et al.*, 1979).

O ciclo de florescimento, observado em populações naturais cultivadas em sequeiro na região Nordeste, é de cinco a sete meses (de julho a dezembro ou de agosto a janeiro) para o cajueiro comum e de sete a nove meses (de junho a janeiro ou de julho a fevereiro) para o tipo anão precoce (BARROS, 1988). Na panícula, o florescimento tem início com a abertura de flores masculinas, passando por uma fase de abertura de flores masculinas e hermafroditas, finalizando com uma fase de abertura de flores exclusivamente masculinas (BUENO, 1997).

O fruto do cajueiro é a castanha, um aquênio reniforme pendente do pedúnculo floral hipertrofiado (pseudofruto, o qual se mostra carnoso e suculento, geralmente de excelente qualidade gustativa e alto valor nutritivo). A castanha é composta de pericarpo (casca) e da amêndoa, constituída de tegumento e do embrião, o qual possui dois cotilédones brancos, carnosos e oleosos, sendo de alto valor energético e comercial (LIMA, 1998).

2.1.2 Importância socioeconômica

Segundo dados da FAO (2013) apontam que a área cultivada mundialmente com cajueiro é superior a 4,10 milhões de hectares, correspondendo à produção em torno de 3,35 milhões de toneladas de castanha de caju “in natura”, com rendimento médio de 817 kg.ha^{-1}. Em 2011 o Vietnã, Nigéria, Índia, Costa do Marfim e Brasil foram os principais países produtores respondendo juntos por cerca de 85% da produção mundial, de forma que, os maiores rendimentos dentre os países citados foram do Vietnã e Nigéria, com 3839,4 e 2463,7 kg.ha^{-1}, respectivamente. Por sua vez, os menores rendimentos foram obtidos pela Costa do Marfim e Brasil, com 517,7 e 301,9 kg ha^{-1}, respectivamente.

No Brasil, a cajucultura se destaca como uma atividade de significativa importância socioeconômica, não só nas atividades de campo, que representa o emprego de 37.500 pessoas no meio rural, mas também nas indústrias de beneficiamento de castanha de

caju com capacidade de processar mais de 280 mil toneladas.ano^{-1}, responsabilizando-se pelo emprego de 15.000 pessoas, além de 250 mil empregos indiretos nos dois segmentos (OLIVEIRA *et al.*, 2004). Um parque industrial composto por uma dezena de grandes fábricas e cerca de oito dezenas de mini fabricas é responsável pela obtenção da amêndoa da castanha de caju (OLIVEIRA, 2008).

Estados Unidos, Holanda e Canadá são os principais mercados importadores da castanha de caju do estado do Ceará, respondendo por cerca de 73% das importações (117 milhões dos 160 milhões de dólares anuais) (FIEC, 2012).

A cajulcutura possui uma grande importância socioeconômica, porém devido aos constantes decréscimos de produtividade, causado pelo modelo exploratório extrativista, essa atividade vem passando por um período crítico. A heterogeneidade dos plantios comerciais existentes e a falta de aplicação de uma tecnologia agronômica bem elaborada vêm comprometendo o processo de produção (OLIVEIRA, 2002), o que pode ser combatido com a utilização de material genético superior e práticas culturais adequadas. Na outra ponta, se faz necessário um esforço na busca da exploração de outros coprodutos, além da amêndoa da castanha, promovendo a sustentabilidade da cajucultura.

2.2 Irrigação

2.2.1 Na produção vegetal

O propósito fundamental da irrigação é fornecer água às plantas de acordo com a sua necessidade hídrica, de maneira que se consiga otimizar a produção em quantidade e qualidade. Assim, faz-se necessário repor a água do meio em que está se cultivando, antes que a quantidade de água desse meio se torne inferior à quantidade demandada pela evapotranspiração, fazendo com que a deficiência de água não venha influenciar na produção (BERNARDO *et al.*, 2008).

A água de irrigação pode ser aplicada nas plantas através de duas metodologias: pressurizada e não pressurizada. Na primeira metodologia, a água é transportada por tubulações, sob pressão, até o ponto de aplicação. Estão contidos neste método os sistemas por aspersão (água aspergida na atmosfera em forma de chuva artificial – convencional, pivô

central, autopropelido e outros) e os sistemas localizados (água aplicada diretamente próximo ao sistema radicular, com baixa intensidade e alta frequência – gotejamento ou microaspersão). Na segunda metodologia, a água é conduzida por gravidade através de canais e aplicada diretamente sobre a superfície do solo até o ponto que se deseja (BERNARDO *et al.*, 2008).

Grande parte da população mundial depende de alimentos produzidos na agricultura irrigada. O contínuo crescimento da população mundial vem ordenando uma agricultura competitiva e tecnificada, que possibilite a produção de alimentos de melhor qualidade e em maior quantidade. Estimativas mundiais de produção indicam que nos 260 milhões de hectares irrigados, que correspondem a 17% da área plantada, produz-se cerca de 40% da safra. No Brasil, estimativas indicam valores de quase 3,2 milhões de hectares, correspondendo a 5% da área cultivada, 16% da produção total e 35% do valor econômico da produção (BERNARDO *et al.*, 2008).

2.2.2 No cultivo do cajueiro

Uma característica formidável do cajueiro é ter uma produção agrícola razoável sob regimes hídricos deficitários, nos quais a maior parte das culturas são afetadas e incapazes de se desenvolver e produzir. Esta adaptabilidade não significa que a planta, pela sua rusticidade natural, deva ser cultivada em condições de adversidade hídrica. É imprescindível analisar cada situação, para que não haja resultados insatisfatórios de produção. Em qualquer caso, é fundamental levar em consideração os requisitos agroecológicos da planta (BARROS *et al.*, 1993).

Em publicações mais remotas, autores acreditavam que a água provinda das chuvas no período de entressafra, supriria a necessidade para a cultura do cajueiro, ou que a aplicação de no mínimo 20 L d'água.semana^{-1}.planta^{-1}, seria suficiente para a manutenção do pomar (BARROS *et al.*, 1993). Assim, grande parte das áreas cultivadas com o cajueiro existente no Brasil foi inserida sob regime de sequeiro, com base na premissa de que a planta poderia ser cultivada sob extrema adversidade hídrica (OLIVEIRA *et al.*, 1995).

Com a introdução do cajueiro anão precoce, em um sistema de produção baseado no emprego de clones melhorados, de cultivos adensados, da aplicação de fertilizantes e de um controle fitossanitário mais eficiente (OLIVEIRA *et al.*, 2004), aumentou-se a demanda

para a utilização de cultivos que não dependessem das precipitações erráticas e escassas predominantes na região Nordeste do Brasil.

Segundo Oliveira e Miranda (2013), as necessidades hídricas do cajueiro variam de acordo com o clima, com a área foliar da planta, com a fase da cultura e com o método de irrigação utilizado. Em alta demanda evapotranspirativa são recomendados cerca de 5 L d'água.dia^{-1}, para cada metro quadrado de superfície do solo sombreada pela copa das plantas ou de área molhada pelos emissores, valores estimados para o primeiro ano de idade, podendo chegar a 145 L d'água dia^{-1} nas mesmas condições citadas, para plantas com cinco anos em diante. A frequência das irrigações depende da capacidade de retenção de água do solo e deve variar entre um e quatro dias para solos arenosos e argilosos, respectivamente.

Conforme Oliveira *et al.* (2003a), avaliando a influência da irrigação e do genótipo na produção de castanha em cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) durante três anos no Campo Experimental do Curu, da Embrapa Agroindústria Tropical, localizado no Município de Paraipaba, CE, os clones de cajueiro anão precoce testados não apresentaram comportamento diferencial em resposta à irrigação, possivelmente devido a estreita base genética predominante nesses clones. Porém, Oliveira *et al.* (1998), em Mossoró, RN, com os mesmos clones sob condições de irrigação, sugerem que a resposta do cajueiro ao regime hídrico é dependente do genótipo, devendo ser ressaltado que em Mossoró os autores trabalharam com plantas de idade mais avançada, aplicaram um maior volume de água por planta e o tipo de irrigação foi diferente do empregado no trabalho publicado em 2003. Logo essas diferenças podem ter contribuído para resultados distintos. Ademais, grande parte dessa discrepância em relação ao efeito da irrigação pode ser creditada ao fator ambiental, com maior influência da água na região com maior demanda evapotranspiratória. Em contraste, Amorim *et al.* (2011), avaliando a produção e fisiologia de plantas de cajueiro anão precoce sob condições de sequeiro e irrigado, concluiu que a ausência da irrigação não afetou os aspectos fisiológicos nem a produtividade de castanha das plantas quando comparada com as irrigadas.

Segundo Ribeiro *et al.* (2006), o cajueiro anão precoce quando irrigado apresenta maior altura de planta, envergadura da copa e diâmetro do caule, em relação aos mesmos parâmetros de plantas cultivadas no sistema de sequeiro. Alves (1999), trabalhando com clone de cajueiro CCP-06 verificou ainda diferença estatística entre os tratamentos de lâminas de água aplicadas para as variáveis: número médio de folhas por planta, diâmetro médio do caule, e altura média das plantas.

2.2.3 Transporte de água no solo e na planta

Após a aplicação de água ao solo, essa se infiltra e permanece armazenada nos poros, ficando parte disponível para as plantas. Quando o volume de água excede a capacidade de armazenamento do solo, o excedente é percolado. A água comumente não fica estática e não são todos os poros que ficam preenchidos com água, logo parte dos poros fica cheio de ar, constituindo a atmosfera do solo, fundamental para a respiração das raízes. Nos labirínticos poros com água pode-se notar agitação de água em todas as direções, geralmente de regiões mais úmidas para regiões mais secas. O solo, portanto, pode ser visto como um grande reservatório de água para as culturas, sendo necessária a reposição periódica da água para garantir uma produção vegetal adequada (LACERDA, 2004).

Neste grande reservatório de água que é o solo, o sistema radicular tem uma importância vital para as plantas, pois é o órgão responsável pela absorção de água e nutrientes (PIMENTEL, 2004). A quantidade de água absorvida pelo vegetal depende diretamente do volume de solo ocupado, da profusão de ramificações e de pêlos do sistema radicular (MCCULLY, 1995).

A água pode se locomover pela raiz, ao sair do solo, por via apoplástica, transmembranar ou simplástica até o sistema vascular. O xilema é a porção mais longa da rota de transporte de água, mesmo assim é onde há menor resistência para o movimento desta. As tensões necessárias para puxar a água pelo xilema são o resultado da evaporação de água das folhas, fato que resulta na teoria da tensão-coesão. A água na folha adere-se as microfibrilas de celulose e a outros componentes hidrofílicos da parede celular das células do mesofilo. O mesofilo é o mais ativo dos tecidos fotossintéticos das plantas superiores, o qual possui muitos cloroplastos, que contém pigmentos verdes especializados na absorção da luz. Durante a fotossíntese, a planta utiliza a energia solar para oxidar a água (liberando consequentemente oxigênio) e para reduzir o dióxido de carbono, produzindo açúcares, compostos principais para o desenvolvimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2013).

2.3 Nutrição mineral

2.3.1 Na produção vegetal

Todos os nutrientes minerais exercem funções importantes dentro da planta, podendo ser parte integral de compostos de carbono (nitrogênio, enxofre), essenciais para armazenamento e uso de energia no genoma (fósforo), associados com a parede celular (cálcio, boro, silício), constituintes de enzimas ou outros compostos essenciais do metabolismo (magnésio, ferro, manganês, zinco, cobre, níquel, molibdênio), ativadores ou que controlam a atividade de enzimas (potássio, sódio, cloro, magnésio, cálcio, manganês, ferro, zinco, cobre), e servem como contra-íons para cargas positivas ou negativas (potássio, sódio, nitrato, cloro) (MALAVOLTA, 2005).

O nitrogênio é o nutriente solicitado em maior quantidade pelas culturas, sendo considerado fundamental para o desenvolvimento da planta (EPSTEIN; BLOOM, 2006), sua disponibilidade proporciona maior crescimento e atividade do sistema radicular, com respostas positivas na absorção de outros nutrientes e na quantidade de massa seca produzida (SANTI, 2003). Devido a sua importância e a alta mobilidade no solo, o nitrogênio tem sido intensamente estudado (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

A absorção e a assimilação de nitrogênio pela planta são processos multi-regulados e integrados ao metabolismo geral da planta. Quando absorvido, pode ser assimilado na própria raiz ou pode ser transportado para ser assimilado nas folhas (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). O nitrogênio é absorvido pelas raízes na forma de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-). Na parte estrutural da planta, o nitrogênio pode ser componente de aminoácidos, proteínas, enzimas, DNA, RNA, clorofila, dentre outras moléculas. Sua carência na maioria das plantas diminui o desenvolvimento, limitando fortemente a produção de fitomassa, provocando amadurecimento precoce dos frutos e gerando perda de qualidade. O sintoma mais visível é o amarelecimento da planta, pela perda da clorofila (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

O potássio é um nutriente mineral em grande abundância nos tecidos vegetais, sendo absorvido da solução do solo em grandes quantidades pelas raízes na forma do íon K^+ (TORRES; PEREIRA, 2008). O K^+, não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica, sendo encontrado como cátion livre ou adsorvido, o que o torna facilmente trocável

das células ou dos tecidos e com alta mobilidade intracelular (MEURER, 2006). A deficiência de potássio provoca redução no tamanho dos frutos e na área foliar, comprometendo a fotossíntese nas plantas e o conteúdo de sólidos solúveis nos frutos (BORGES *et al.*, 2005)

O potássio é o elemento de maior mobilidade na planta e passa de uma célula para outra e do xilema para o floema, razão pela qual é o componente mineral de maior expressão nos processos osmóticos que envolvem absorção e armazenamento de água pelas plantas (PIMENTEL, 2004). Requerido em grandes quantidades pelas plantas, pode igualar-se às quantidades de nitrogênio e ser três ou quatro vezes mais acumulado nos tecidos que o fósforo (BRADY, 1989).

O fósforo, outro nutriente de grande importância para o desenvolvimento das plantas, influencia na fase reprodutiva, aumentando o número de frutos e o teor total de sólidos solúveis (NEGREIROS *et al.*, 2003), é um dos mais importantes constituintes minerais para a atividade celular (PEIXOTO, 2002). É o nutriente mais limitante para a produtividade de biomassa em plantas cultivadas em solos tropicais (NOVAIS; SMYTH, 1999).

A carência de fósforo em solos brasileiros, associada a sua baixa mobilidade e alta afinidade por óxidos de ferro e alumínio tornam o solo um “competidor da planta” (NOVAIS *et al.*, 2007), o que aumenta grandemente a necessidade de sua incorporação em solos, em programas de adubação (WANG *et al.*, 2010). Esse comportamento está associado à tendência deste elemento de formar compostos estáveis de alta energia de ligação e baixa solubilidade com a fase sólida mineral do solo, notadamente com os óxidos de ferro e alumínio, além da ocorrência de precipitação com cálcio em solos com predominância deste elemento (GUILHERME, 2000).

2.3.2 No cultivo do cajueiro

A cultura do cajueiro necessita de razoáveis quantidades de fertilização mineral para garantir uma produtividade regular, pois as quantidades de nutrientes extraídas pelos frutos são elevadas e os solos na maioria das regiões produtoras, normalmente, apresentam baixa fertilidade natural. O suprimento de nutrientes por meio de adubos químicos é o meio mais eficiente de compensar as deficiências minerais dos solos, uma vez que esses adubos têm

concentrações mais elevadas e são mais facilmente trocáveis (OLIVEIRA; AQUINO; LIMA, 2000).

Estudos indicam que 80% das raízes absorventes de plantas adultas do cajueiro encontram-se nos primeiros 30 cm de superfície do solo e 72% dessas raízes estão a uma distância radial de 2 m da planta (CEINFO, 2009). Em função disso, a aplicação de fertilizantes nas camadas mais superficiais do solo e num raio de 2 m do caule da planta pode proporcionar melhor aproveitamento dos nutrientes empregados, em virtude da maior concentração de raízes ativas nessa área.

Ghosh e Bose (1986), em experimentos com aplicação de N, P e K isolados ou em combinações, constataram que os maiores rendimentos de castanha foram obtidos com combinações de 200, 75 e 100 g planta^{-1} de N, P e K respectivamente. Posteriormente Ghosh (1990) relatou que o máximo de produção de castanha era obtido com a combinação de 600, 400 e 300 g planta^{-1} de N, P e K.

Menêses Júnior *et al.* (1993) constataram a importância da adubação com P e K nos estádios de desenvolvimento das plantas de cajueiro. Grundon (1999), trabalhando por três anos sucessivos com plantas inicialmente com quatro anos, relatou aumentos substanciais na produção de castanha, com aplicação até 288 g planta^{-1} ano^{-1} de fósforo.

Crisostomo *et al.* (2004) trabalharam com produtividade, atributos industriais e avaliação econômica de castanha de cajueiro anão precoce adubado com doses crescentes de nitrogênio e potássio em cultivo sob sequeiro, concluindo que as plantas respondem satisfatoriamente à adubação com N e K_2O. O maior retorno econômico foi conseguido com aplicação de 21,9 e 8,5 kg.ha^{-1}.ano^{-1} de N e K_2O, respectivamente, e nesse nível a produção alcançada foi de 1.536,3 kg ha^{-1} de castanha de caju in natura.

2.4 A goma

2.4.1 Aspectos gerais

As gomas vegetais são hidrocolóides naturais que podem ser classificados como polissacarídeos aniônicos, não iônicos ou como sais de polissacarídeos. São substâncias

translúcidas e amorfas, frequentemente produzidas pelas plantas superiores como proteção depois de uma agressão (BUCKERIDGE *et al.*, 2000).

Polissacarídeos, que podem ser obtidos a partir de várias fontes naturais como plantas, microrganismos e algas, têm sido amplamente utilizados na indústria, principalmente nas áreas alimentícia, farmacêutica e cosmética, além de movimentarem inúmeros trabalhos de pesquisa, envolvendo desde processos de extração, identificação e caracterização até o estudo de propriedades, atividades biológicas e aplicações (YANG; ZHANG, 2009). Essas substâncias são polímeros de cadeia longa, de alto peso molecular, extraídas de algas marinhas, sementes, exsudados de árvores e de colágeno animal, ou ainda, obtidas por biotecnologia via síntese microbiana e até pela modificação de polissacarídeos naturais (Tabela 1) (TONELI *et al.*, 2005).

A goma arábica ou acácia (Figura 1A) é o exsudato gomoso dessecado dos troncos e dos ramos de espécies africanas conhecidas como *Acacia senegal* e *Acacia seyal*. O Sudão, seguido do Chad e da Nigéria são os maiores produtores de goma acácia, sendo também exportada, mas em pequenas quantidades, por países como o Senegal, Mali, Mauritânia, e Nigéria (UBM BRASIL, 2011).

As árvores que produzem a goma arábica são espinhosas e têm cerca de seis metros de altura e normalmente a produção de goma se dá em plantas com cinco anos de idade ou mais. Geralmente a exsudação se dá quando as plantas são sujeitas a condições de seca ou quando feridas. Assim, a produção é estimulada através de uma incisão transversal no córtex, além de um descascamento acima e abaixo do corte. Uma árvore jovem pode produzir de 400 a 7.000 gramas de goma por ano. A goma é colhida a cada 10 dias, durante a época da seca, que vai de outubro a junho, totalizando nove meses de coleta. Na época das chuvas não há formação de goma, coincidindo com a época na qual as árvores estão em plena floração. A goma arábica é constituída principalmente por arabina, mistura complexa de sais de cálcio, magnésio e potássio do ácido arábico. Este ácido é um polissacarídeo que produz L-arabinose, D-galactose, ácido D-glucorônico e L-ramnose, após hidrólise. Os três grandes campos de aplicações da goma acácia são confeitos, emulsão de aromas em bebidas e encapsulamento de aromas (UBM BRASIL, 2011).

A goma tragacanto ou adraganta, é o produto obtido depois da secagem das exsudações do tronco e dos ramos de espécies asiáticas conhecidas como *Astragalus gummifer* Labillardière e *Astragalus microcephalus* Willd. A produção da goma exige um trabalho intenso e é realizado em áreas remotas, hostis do Irã e da Turquia. A goma adraganta foi usada como estabilizante, emulsificante e espessante nas indústrias de alimentos,

farmacêuticas, de cosméticos e em aplicações técnicas por muitos anos. Atualmente, a goma xantana substitui a goma adraganta na maioria de suas aplicações mais tradicionais. Quimicamente, a goma adraganta consiste em duas frações: uma fração, chamada de ácido tragacantico ou bassorina, que representa 60% a 70% da goma total, que embora insolúvel em água, tem capacidade para intumescer e formar gel; e a outra pequena fração, chamada de tragacantina, é solúvel em água e forma uma solução coloidal hidrossolúvel. Suas maiores aplicações alimentícias são: molhos líquidos para saladas, óleos e emulsões aromatizadas, sorvetes, picolés e recheios para panificação e confeitaria. Nos setores farmacêuticos e cosméticos constitui emulsões, xaropes, loções e cremes (UBM BRASIL, 2011).

A goma karaya (Figura 1B), é o produto obtido por secagem das exsudações do tronco e dos ramos de variedades naturais da *Sterculia urens* Roxburgh, uma árvore de elevado porte, que cresce amplamente ao longo da faixa da Índia subcontinental. Em média, a partir de uma árvore madura, pode ser obtido um rendimento total de até cinco quilos por estação. As aplicações da goma karaya são baseadas principalmente em sua viscosidade estável em condições ácidas, excelente absorção de água e propriedades de aderência. Seu maior consumo está na indústria farmacêutica, sendo comumente mais utilizada na área cosmética do que em na área alimentícia (UBM BRASIL, 2011).

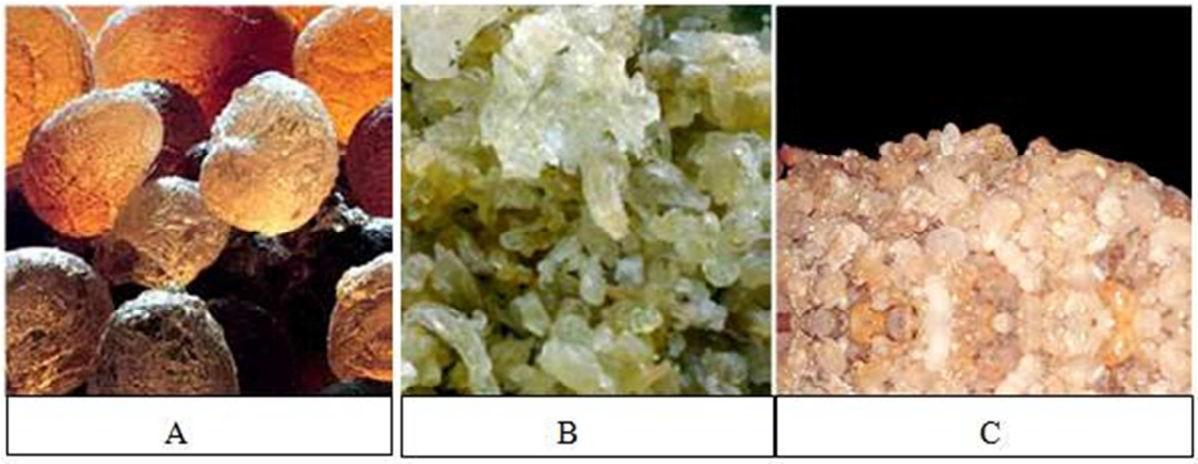
A goma ghatti (Figura 1C), também conhecida como goma da Índia, é um exsudato de uma árvore nativa da Índia, chamada localmente de dhawa ou dhava, que pertence à família das Combretaceae, tendo como nome científico *Anogeissus latifolia*. Trata-se de uma árvore reta, de folhas caducas, de 9 a 15 metros de altura, podendo chegar até 24 metros. A árvore fica sem folhas durante toda a estação fria e novas folhas brotam em abril e maio. A goma ghatti é um polissacarídeo complexo, de alto peso molecular, cuja estrutura e peso molecular ainda não são bem determinados. Aparentemente, trata-se de um sal cálcico de um polissacarídeo ácido. A principal função da goma ghatti é de propiciar estabilidade através de suas propriedades emulsificantes e de agente de liga, um dos maiores mercados está na emulsificação de ceras (UBM BRASIL, 2011).

Tabela 1 - Classificação das gomas quanto à sua fonte

Gomas Naturais		Gomas Modificadas
Exsudato de Plantas	Goma arábica Goma trangacanto Goma karaya Goma ghatti Goma de cajueiro	Carboximetilcelulose Hidroximetilcelulose Hidroxietilcelulose Carboximetilamido Acetato de amido
Extraídas de Algas	Ágar Alginato Carragenana	Hidroxietilamido Hidroxipropilamido Carboximetilguar
Extraídas de Sementes	Goma guar Goma do marmeleiro	Alginato de propileno glicol
Fermentação Microbiológica	Dexgrana Xantana	

FONTE: Toneli *et al*.(2005)

Figura 1 – Goma arábica (A), goma karaya (B), goma ghatti (C)



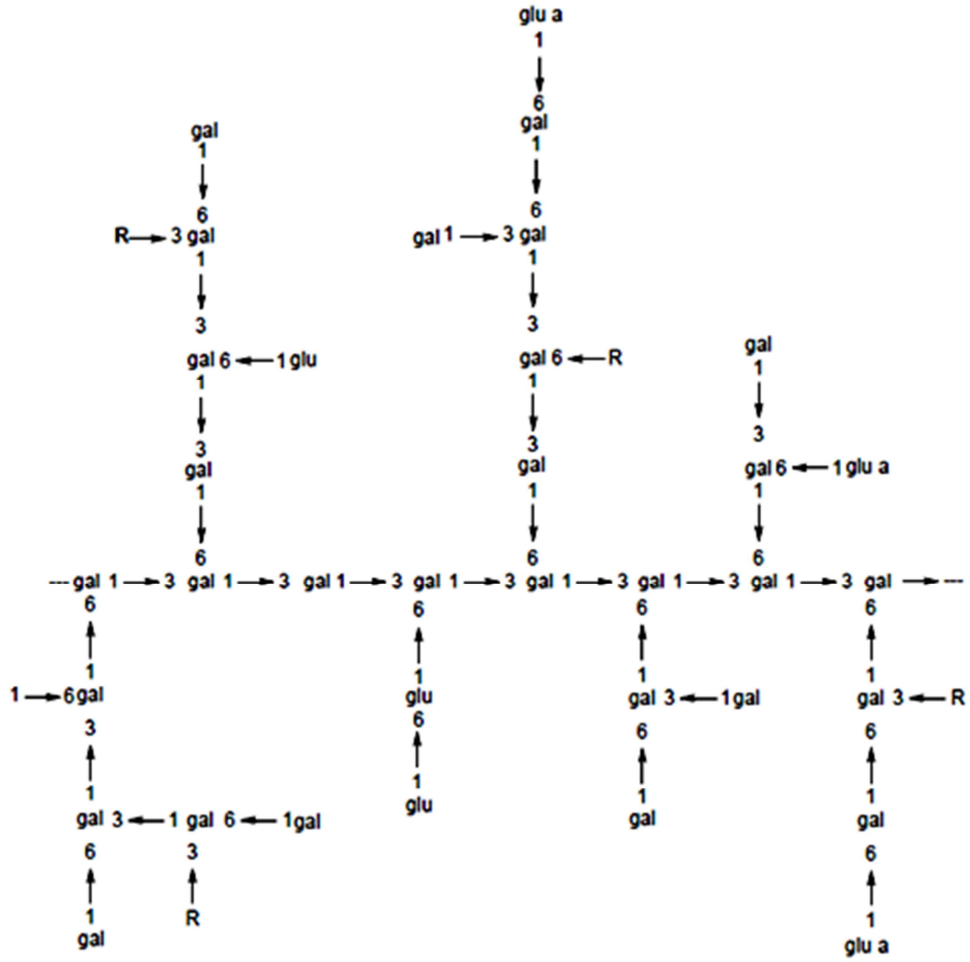
FONTE: UBM Brasil (2011)

2.4.2 Goma de cajueiro

O exsudato do cajueiro (goma/resina) consiste em um heteropolissacarídeo ramificado (arabinogalactana ácida), constituído de uma cadeia principal de β-galactose (1→3) com ramificações de β-galactose (1→6). Arabinose, ramnose, ácido glucurônico, ácido 4-O-metilglucurônico, manose, glicose e xilose estão presentes como resíduos terminais (Figura 2) (MOTHÉ; CORREIA, 2002).

A goma de cajueiro pode sofrer algumas modificações de acordo com a região, apresentando diferentes porcentagens dos monossacarídeos (CUNHA *et al.*, 2007). Na Tabela 2 estão apresentadas as porcentagens de monossacarídeos obtidos a partir da extração de goma de cajueiro de plantas nativas do Brasil, Índia, Nova Guiné e Venezuela.

Figura 2 – Representação da estrutura do polissacarídeo extraído do exsudato do cajueiro.



FONTE**:** Cunha *et al.* (2007).

Tabela 2 – Composição da goma de cajueiro em deferentes regiões geográficas

	Composição (%) da goma de cajueiro em diferentes países			
Monossacarídeo	Brasil[1]	Índia[1]	Nova Guiné[1]	Venezuela[2]
Galactose	73	61	63	49
Arabinose	5	14	15	31
Glicose	11	8	9	-
Ramnose	4	7	7	7
Manose	1	2	1	4
Xilose	-	2	-	1
Ác. Glucorônico	6	6	5	8

FONTE**:** [1]Rodrigues *et al.* (1993); [2]Pinto *et al.* (1995).

Para extração da goma em campo, pode-se utilizar de dois cortes em faces opostas com técnica de estriagem descendente, da esquerda para a direita, no lado leste, e da direita para esquerda, na face oeste das plantas, formando o painel um ângulo de 30º com a horizontal do terreno conforme metodologia preconizada por Mathias Filho (1985). Entretanto, trabalhos desenvolvidos na Embrapa Agroindústria Tropical por Bezerra, M.A (comunicação pessoal) indicam a utilização de apenas um corte por planta, com menor agressão nas plantas e manutenção da produção de resina em relação ao manejo com dois cortes.

Muitas plantas, à semelhança do cajueiro, que crescem em condições semiáridas, produzem exsudatos gomosos em grandes quantidades quando seu córtex é agredido. Isso serve para vedar o corte e evitar a desidratação (BUCKERIDGE *et al.*, 2000).

Estudos iniciais da extração da goma do cajueiro usando estimulantes químicos foram realizados por Bandeira (1991) e posteriormente por Lima *et al.* (2001). Estes autores observaram que a aplicação de ácido sulfúrico para estimular a produção de goma não apresentou resultados promissores, inclusive sem efeito sinérgico com o ácido 2-cloroetilfosfônico (ETHEFON). Uma solução promissora foi obtida a partir da combinação de 15% de ETHEFON com 5% de dimetilsulfóxido, promovendo elevadas taxa de exsudação de goma nos meses de agosto e setembro. Outra solução que despontou potencialidade na extração foi o uso de ETHEFON a 20%, que induziu elevadas produções em junho, porém comprometendo os meses seguintes, em face da exaustão precoce das reservas das plantas. Estudos recentes realizados por Bezerra, M.A. (comunicação pessoal) indicam que maiores produções de goma ao longo do ano foram alcançadas com a utilização de ETHEFON a 24%.

A goma bruta pode ser tratada em laboratório segundo a metodologia descrita por Rinaudo e Millas (1991), onde a goma bruta é triturada e dissolvida em solução aquosa, filtrada e precipitada no etanol, para separar os polissacarídeos dos mono e oligopolissacarídeos. Posteriormente o precipitado obtido é submetido à secagem em estufa a 35 °C e o pó armazenado.

Na área de alimentos, estudos com a goma de cajueiro podem ser observados em trabalhos com filmes comestíveis de alginato, com o objetivo de revestir frutas, hortaliças frescas ou minimamente processadas e queijos (AZEREDO *et al.*, 2011), em microencapsulação de extrato de café, comparando a goma de cajueiro com a goma arábica no que diz respeito a performance desses materiais para microencapsulação de aroma utilizando a técnica de *spray drying* (RODRIGUES; GROSSO, 2008); em estabilizante de suco de caju, com o objetivo de avaliar a formação de blendas de gomas de cajueiro/xantana e avaliar o

desempenho dessas blendas como estabilizantes (MOTHÉ; CORREIA, 2002) e em emulsão para saladas (MOTHÉ, 2000).

Na área da saúde, a goma de cajueiro tem grande importância como observado em estudos com atividade antimicrobiana (TORQUATO *et al.*, 2004), em atividade antitumoral *in vivo* em camundongos, objetivando testar experimentalmente o polissacarídeo da goma do cajueiro frente às células tumorais de Sarcoma 180, concluindo que o polissacarídeo apresenta uma provável ação anti-tumoral *in vivo* (FLORÊNCIO *et al.*, 2007), em efeito no processo cicatricial de lesões cutâneas (SCHIRATO *et al.*, 2006), em géis e microesferas para liberação de fármacos (MAGALHÃES JUNIOR *et al.*, 2009).

Em outras áreas, como na nutrição mineral, a goma age como depressor na flotação de minerais fosfatados (RIBEIRO *et al.*, 2003) e como hidrogel superabsorvente (GUILHERME *et al.*, 2005b). Na biotecnologia, a goma pode ser utilizada na encapsulação de drogas de combate a dengue (PAULA *et al.*, 2008) e na nanotecnologia, como emulsificante de nanotubos de carbono (SILVA, 2007), nanopartículas com quitosana (SILVA *et al.*, 2009) e imobilização de Concanavalina A em filmes finos (MACIEL *et al.*, 2007).

2.5 Análise econômica

2.5.1 Custo de produção

Produção em um sentido geral se refere à criação de qualquer bem ou serviço que a população comprará, sendo o conceito de produção muito mais claro quando falamos apenas de bens. Nesse caso, é simples especificar precisamente os insumos e identificar a quantidade e qualidade de produção. Por exemplo, para produzir uma saca de trigo é necessário, além de temperaturas e chuvas adequadas, um montante de terra cultivável, sementes, fertilizantes, serviços de equipamentos agrícolas e o trabalho humano. A teoria da produção consiste na combinação de vários insumos para obter determinado volume de produção de forma economicamente eficiente (FERGUSON, 2003).

Os custos de produção estão diretamente relacionados com os sistemas de cultivo e o modelo agrícola adotado pelo produtor rural. A maximização dos resultados de uma

empresa ocorre na realização de sua atividade produtiva, pois ela procurará sempre obter a máxima produção possível em face da utilização de certa combinação de fatores. Os resultados ótimos poderão ser conseguidos quando houver a maximização da produção para um dado custo total ou minimizar o custo total para um dado nível de produção (VASCONCELOS; GARCIA 2004).

Segundo Reis (2007), o custo de produção é a soma dos valores de todos os recursos utilizados no processo produtivo de uma atividade agrícola, em certo período de tempo. O autor comenta ainda que a estimativa dos custos está ligada à gestão da tecnologia, ou seja, à alocação eficiente dos recursos produtivos e ao conhecimento dos preços destes recursos.

Na análise do processo físico de produção e os custos de produção economicamente relacionados, é conveniente introduzir uma ficção analítica: a classificação dos insumos como fixos e variáveis; em que no primeiro a quantidade não pode prontamente ser mudada quando as condições de mercado indicam que uma variação imediata no produto é desejável; no segundo a quantidade pode variar quase instantaneamente em resposta às desejadas variações na quantidade de produção (FERGUSON, 2003).

Outra ficção analítica é o curto e longo prazo. O curto prazo refere-se ao período de tempo no qual o insumo de um ou mais agentes produtivo é fixo, sendo a produção variada apenas por variação do volume de insumos variáveis. O longo prazo é o período de tempo (horizonte de planejamento) no qual todos os insumos são variáveis (FERGUSON, 2003).

Os custos de produção a curto prazo são divididos em dois tipos, segundo os tipos de insumos. Os custos variáveis, que são a parcela dos custos totais que dependem da produção e por isso mudam com a variação do volume de produção, são eles o somatório dos insumos variáveis em curto prazo. Na contabilidade empresarial, são chamados de custos diretos (VASCONCELOS; GARCIA, 2004). Os custos fixos, que correspondem às parcelas dos custos totais que independem da produção são formados pelo somatório dos insumos fixos em curto prazo. Na contabilidade privada, são chamados de custos indiretos (VASCONCELOS; GARCIA, 2004). O custo total em curto prazo é a soma dos custos fixos totais e variáveis totais (FERGUSON, 2003).

Segundo Ferguson (2003), a análise do custo de produção a curto prazo depende de duas proposições: a primeira responde que as condições físicas de produção e os preços unitários dos insumos determinam o custo de produção associado com cada possível nível de produção; e a segunda que o custo total pode ser dividido em fixo e variável.

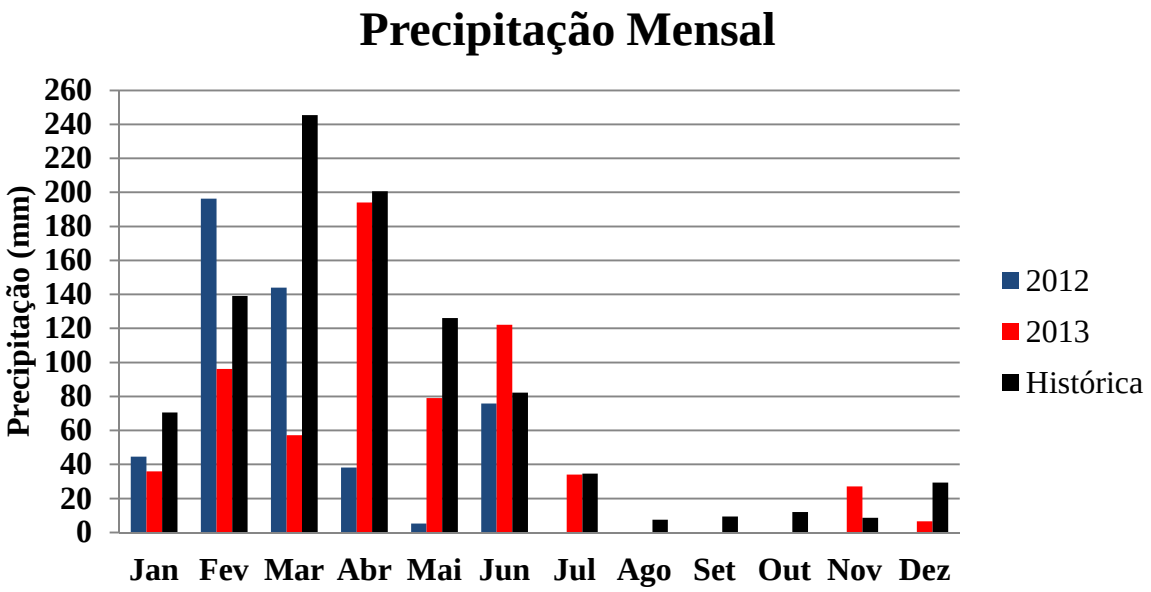
Uma das metodologias para comparação de diferentes cenários, buscando destacar um cenário com menor custo total de produção é a análise estática comparativa, que sumariamente envolve a comparação de equilíbrios estáticos com o propósito de determinar o que acontece às variáveis quando há um deslocamento de um equilíbrio para outro (FERGUSON, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Pacajus, da Embrapa Agroindústria Tropical, coordenadas de 4º10'S e 38º27'W, altitude de 60 m, distante 55 km de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil, com clima classificado como Aw, segundo Köppen. O solo da área utilizada foi classificado como Neossolo Quartzarênico Distrófico (EMBRAPA, 1999). A precipitação ao longo do período de avaliação experimental foi de 652,4 mm. Na Figura 3 estão apresentados os dados de precipitação mensal para o ano de 2012, 2013 e da média histórica de 1974 a 2013, da estação de Pacajus (FUNCEME, 2013).

Figura 3 – Dados de precipitação mensal da região no período de 2012, 2013 e série histórica



FONTE: FUNCEME (2013)

A área experimental utilizada foi de 0,59 ha, com 120 plantas adultas de cajueiro anão precoce (implantadas em campo no ano de 1995), do clone CCP-76 (enxertadas em porta enxerto do clone CCP-06), espaçadas 7 metros entre plantas e fileiras, constituindo assim uma população de 204 plantas por hectare.

O manejo da área e as práticas culturais, tais como, adubação, poda, controle de pragas e doenças (como pulverizações com termicida, visando a reduzir o ataque de cupins, representativo na área), colheita e outros fatores, nos anos anteriores à implantação do experimento foi o convencionalmente adotado pela estação experimental. Deve ser ressaltado que no período de avaliação experimental, os tratos culturais manejo de podas e aplicação de defensivos agrícolas para controle de patógenos não foi realizado. Houve apenas aplicação de herbicidas, passagem de roçadeira e enxada rotativa para controle de plantas daninhas.

3.2 Tratamentos

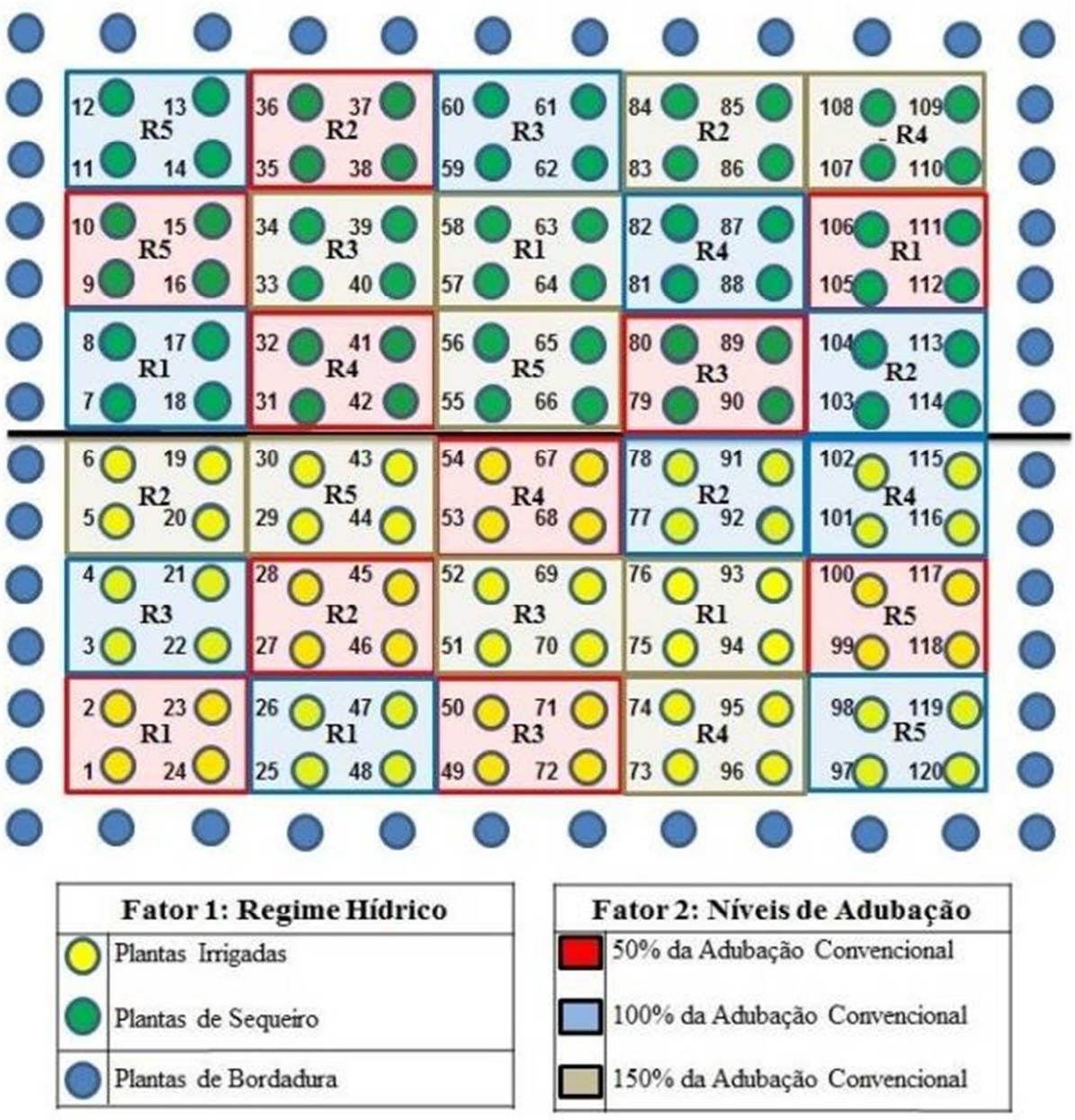
As plantas foram submetidas a dois diferentes regimes hídricos (RH): irrigado (correspondente a 100% da evapotranspiração da cultura – ETc) e sequeiro (correspondente a 0% da ETc) e três diferentes níveis de adubação (NA): 50% do NK recomendado na nutrição convencional, 100% do NPK recomendado na nutrição convencional e 150% do NK recomendado na nutrição convencional da cultura, configurando assim um experimento em fatorial 2x3, com seis tratamentos, de forma que o primeiro fator tratou da presença ou ausência de irrigação (RH) e o segundo fator de três diferentes níveis de adubação (NA), com cinco repetições inicialmente (cada repetição tinha quatro plantas representativas) (Figura 4).

Além do fatorial experimental, os dados foram analisados em segunda instância com uma nova configuração. Como as variáveis foram analisadas mensalmente, os dados foram submetidos a uma análise em outro fatorial 2x3, com o primeiro fator tratando da presença ou ausência de irrigação (RH), e o segundo fator das três diferentes fases fenológicas da cultura (FF) – fase vegetativa, fase de floração e fase de frutificação, com quinze repetições inicialmente (cada repetição tinha quatro plantas representativas). A fase vegetativa foi obtida a partir das médias das variáveis analisadas para os meses de janeiro a maio, a fase de floração para os meses de junho a agosto e a fase de frutificação para os meses de setembro a dezembro.

Foram analisadas as variáveis mensal e anual de goma; trocas gasosas (fotossíntese, condutância estomática, transpiração); teor de carboidratos solúveis nas folhas; produção de castanha; produção de pedúnculo e sólidos solúveis do pedúnculo na safra 2013/2014. O período de avaliação experimental (coleta das variáveis) foi de outubro de 2012

a dezembro de 2013, totalizando quinze meses de avaliação para o fator regime hídrico. Entretanto, o fator adubação só foi analisado a partir de fevereiro de 2013.

Figura 4 – Croqui da área experimental, disposição dos fatores regime hídrico e níveis de adubação



3.3 Nutrição mineral das plantas

Na área experimental foram coletadas 60 amostras de solo, agrupadas em três repetições de 20 amostras, seguindo metodologia de coleta de solo descrita por Silva (1999). O material coletado foi enviado ao Laboratório de Água e Solo da Embrapa Agroindústria Tropical para análise e os resultados estão apresentados da tabela 3.

Tabela 3 – Análise de solo da área experimental

Amostra[1]	pH	C.E.[2] $dS.m^{-1}$	Ca $mmolc.kg^{-1}$	Mg $mmolc.kg^{-1}$	K $mmolc.kg^{-1}$	Na $mmolc.kg^{-1}$
B1	5,78	0,29	8,2	4	1,5	0,7
B2	5,6	0,28	6,7	3,6	1,5	1
B3	5,91	0,22	7,1	4,1	1,5	1,2
Média	5,76	0,26	7,33	3,9	1,5	0,97
	S.B.[3] $mmolc.kg^{-1}$	Al $mmolc.kg^{-1}$	H+Al $mmolc.kg^{-1}$	C.T.C.[4] $mmolc.kg^{-1}$	V %	M.O.[5] $g.kg^{-1}$
B1	14,5	nd	14,7	29,1	49,6	6,1
B2	12,9	nd	16,3	29,2	44,1	5,7
B3	13,9	nd	14,9	28,8	48,4	5,3
Média	13,77	nd	15,3	29,03	47,37	5,7
	P $mg.kg^{-1}$	S $mg.kg^{-1}$	Cu $mg.kg^{-1}$	Fe $mg.kg^{-1}$	Mn $mg.kg^{-1}$	Zn $mg.kg^{-1}$
B1	3,8	-	0,2	5,8	5,2	9,1
B2	2,5	-	nd	5,3	5,5	9,4
B3	2	-	nd	3,8	7,1	6,8
Média	2,77	-	0,2	4,97	5,93	8,43

[1]Divisão da área em três blocos, [2]Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, [3]Soma de bases, [4]Capacidade de troca de cátions , [5]Matéria Orgânica, nd – não definido.

O resultado da análise de solo foi avaliado e seguiram-se as recomendações de adubação para a cultura do cajueiro anão precoce (Crisóstomo *et al.*, 2009) (Tabela 4). As fontes dos macronutrientes utilizadas foi ureia para o nitrogênio (N), superfosfato simples para o fósforo (P) e cloreto de potássio para o potássio (K), além de micronutrientes na forma de FTE BR-12. Os dois macronutrientes N e K foram fracionados de acordo com os níveis de adubação dos tratamentos e aplicados em três parcelas com intervalos de quinze dias, enquanto o P e o FTE BR-12 não foram fracionados e aplicados de uma única vez. O não fracionamento do nutriente fósforo foi decorrente da sua baixa mobilidade no solo.

A aplicação de calcário dolomítico foi realizada em agosto de 2012 (dois meses antes da aplicação do primeiro fator) com uma quantidade de 1500 kg.ha^{-1}, ou seja, 882 kg para a área experimental. A aplicação foi realizada através de um implemento específico acoplado ao trator (Figura 5A), de forma cruzada e posteriormente incorporado ao solo por uma gradagem leve.

Tabela 4 – Recomendação de adubação para o cajueiro anão precoce

Adubação		N	P- resina (mg.dm^{-3})			K-solo (mmol$_c$.dm^{-3})		
			0-12	12-30	>30	0-1,5	1,6-3,0	>3,0
	Ano	g.planta^{-1}	P_2O_5 (g.planta^{-1})			K_2O (g.planta^{-1})		
Plantio		0	200	150	100	0	0	0
Crescimento								
	0-1	60	0	0	0	60	40	20
	1-2	80	200	150	100	100	60	40
	2-3	150	250	200	120	140	100	60
	3-4	200	300	250	150	180	140	80
	4-5	300	300	250	150	180	140	80
Produção								
Rendimento esperado (kg.ha^{-1})								
	<1.200	400	200	100	100	150	100	80
	1.200-3.000	700	300	200	150	300	200	150
	>3.000	1.000	400	300	200	450	300	200

Aplicar 50 g de F.T.E. BR-12 planta^{-1}.ano^{-1} do ano 2 ao 4 ano e 100 g a partir do 5º ano.
FONTE: Crisóstomo *et al.* (2009)

Assim, os níveis de adubação para o tratamento com 50% do NK recomendado para a cultura, foram 150 g.pl^{-1} de nitrogênio (333 g de ureia.pl^{-1}), 300 g.pl^{-1} de fósforo (1667 g de superfosfato simples.pl^{-1}) e 90 g.pl^{-1} de potássio (150 g de cloreto de potássio.pl^{-1}). Para o tratamento de 100% de NPK recomendado para a cultura, as quantidades aplicadas foram: 300 g.pl^{-1} de nitrogênio (667 g de ureia.pl^{-1}), 300 g.pl^{-1} de fósforo (1667 g de superfosfato simples.pl^{-1}) e 180 g.pl^{-1} de potássio (300 g de cloreto de potássio.pl^{-1}). Já para o tratamento de 150% de NK recomendado para a cultura, aplicou-se 450 g.pl^{-1} de nitrogênio (999 g de ureia.pl^{-1}), 300 g.pl^{-1} de fósforo (1667 g de superfosfato simples.pl^{-1}) e 270 g.pl^{-1} de potássio (450 g de cloreto de potássio.pl^{-1}). O FTE BR-12 foi aplicado em 100 g.Pl^{-1} para todos os níveis. No cálculo da quantidade necessária para cada tratamento foi adicionado um valor de 10% a mais do que o recomendado, com o objetivo de suprir perdas por conta do manejo.

No campo, as dosagens específicas dos nutrientes foram misturadas formando um composto mineral por tratamento, que foi aplicado no terço intermediário da projeção da copa

de cada planta de forma manual (Figura 5B), com a sua incorporação ao solo realizada por intermédio da utilização de implemento agrícola contendo enxadas rotativas acoplado a um trator (Figura 5C).

Figura 5 – Aplicação do calcário dolomítico (A), aplicação do composto mineral de forma manual (B) e incorporação do adubo com implemento de enxadas rotativas (C)

(A) (B)

(C)

3.4 Sistema de irrigação e manejo da água

O sistema de irrigação utilizado para aplicação de água foi do tipo microaspersão. O sistema era alimentado por uma bomba do tipo submersa com potência de 2 c.v, inserida em um poço profundo. Entre a bomba e a área experimental havia um cabeçal de controle, contendo um hidrômetro, além dos componentes básicos, com o intuito de avaliar a quantidade de água aplicada nos tratamentos com irrigação. A água foi transportada até a área por tubulações de PVC configurando a linha principal do sistema, e desta até as plantas

(linhas laterais) através de tubulações de polietileno, onde estavam inseridos os microaspersores.

Após a implantação do sistema em campo, foram realizados os testes de uniformidade de distribuição segundo material disponibilizado pela Embrapa (planilha IRRIGACAJU), que adota a metodologia de Vermeirein e Jobling (1986). Outra característica avaliada do sistema em campo foi o raio atingido pela emissão da água. Os dados obtidos foram 93,4% para a uniformidade de distribuição, 37,1 $L.h^{-1}$ para vazão média e 2,8 m para o raio hidráulico.

Para a obtenção da quantidade de água a ser aplicada por planta, seguiu-se a metodologia descrita por Oliveira *et al.* (2003b), que considera a evapotranspiração da cultura em $mm.dia^{-1}$, o coeficiente de redução da evapotranspiração e a área ocupada por planta em m^2. Os dados de evapotranspiração da cultura foram obtidos a partir da evapotranspiração de referência, adquiridos através do método do tanque classe A, a partir de dados históricos gerados na estação agroclimatológica convencional instalada na estação experimental, e por dados de coeficiente de cultivo da cultura do cajueiro obtidos na literatura citada. Os dados de evapotranspiração de referência mensal e diários (ETo), do coeficiente de cultivo (Kc), evapotranspiração da cultura (ETc), coeficiente de redução da evapotranspiração (Kr), área ocupada pela planta (A) – obtido através do raio da projeção da copa, o volume diário de água aplicada (V) e o tempo de funcionamento diário do sistema para o turno de rega de dois dias (TFD) estão representados na tabela 5. A aplicação de água foi realizada com um turno de rega de dois dias, tendo em vista que o sistema trabalhava com alta frequência, por ser do tipo localizado.

Tabela 5 – Dados para elaboração do calendário de irrigação experimental

Mês	Eto* $mm.mês^{-1}$	Eto* $mm.dia^{-1}$	Kc*	ETc $mm.dia^{-1}$	Kr*	A m^2	V $L.Pl^{-1}.dia^{-1}$	TFD h
Jan	164,72	5,31	0,65	3,45	0,76	28,26	74,18	04:00
Fev	144,72	5,17	0,65	3,36	0,76	28,26	72,16	04:00
Mar	133,92	4,32	0,65	2,81	0,76	28,26	60,31	03:15
Abr	126,00	4,20	0,65	2,73	0,76	28,26	58,63	03:10
Mai	128,00	4,13	0,65	2,68	0,76	28,26	57,64	03:05
Jun	135,04	4,50	0,65	2,93	0,76	28,26	62,84	03:25
Jul	157,60	5,08	0,65	3,30	0,76	28,26	70,97	03:50
Ago	185,20	5,97	0,65	3,88	0,76	28,26	83,40	04:30
Set	191,60	6,39	0,65	4,15	0,76	28,26	89,16	04:50
Out	200,80	6,48	0,65	4,21	0,76	28,26	90,43	04:50
Nov	189,44	6,31	0,65	4,10	0,76	28,26	88,16	04:45
Dez	195,12	6,29	0,65	4,09	0,76	28,26	87,87	04:45

* FONTE: Oliveira *et al.* (2003b)

3.5 Extração da goma

Após a implantação do primeiro fator (RH), foram abertos os cortes nas plantas para a coleta de goma. Um único corte foi aberto na base do caule das plantas, a uma altura de aproximadamente 50 cm do solo. Juntamente à abertura deste corte, logo abaixo foi realizado uma espécie de raladura comumente denominada “janela”. O corte foi realizado de acordo com procedimento preconizado por Mathias Filho (1985), apresentando as seguintes características: inclinado, decrescente da esquerda para a direita, com um comprimento de aproximadamente 20 cm e espessura de 2 cm, formando um ângulo de 30º com a horizontal do terreno (Figura 6A).

A coleta da goma foi realizada duas vezes por mês, sendo uma na primeira quinzena e a outra na segunda quinzena do mês, totalizando ao final do experimento 30 coletas. As coletas foram realizadas manualmente, planta por planta, com o auxílio de formão inox. Cada material coletado foi armazenado em sacos plásticos numerados de acordo com seu tratamento. Após cada coleta da goma, o operador fez o alargamento do corte na parte superior, utilizando um cutelo. No período chuvoso, os cortes foram cobertos com sacos plásticos de alta densidade, a fim de evitar a perda de goma, tendo em vista que esta é solúvel em água (Figura 6B).

Figura 6 – Abertura dos cortes para extração da goma de cajueiro (A), proteção dos corte com plástico para evitar a perda da goma por lavagem com água da irrigação e das chuvas (B)

(A) (B)

Para auxiliar na exsudação e estimular a produção de goma foi utilizado o estimulante químico Ethrel, que é um regulador de crescimento do grupo etileno, composto de 24% $m.v^{-1}$ de ácido 2-cloroetilfosfônico (ETHEFON). A aplicação deste químico se deu pelo pincelamento sobre o corte e sobre a janela. Ao longo do experimento foram utilizados 10 litros de Ethrel, totalizando em média uma aplicação de 3 mL de $Ethrel.pl^{-1}.coleta^{-1}$.

A goma bruta coletada em campo foi levada para análise em laboratório. Primeiramente a goma foi seca em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 60 ºC e posteriormente foi pesada em balança analítica, obtendo assim o peso seco de cada coleta quinzenal e do peso total do mês. Analisou-se ainda a produção anual de goma, considerando as coletas realizadas de fevereiro a dezembro de 2013, onde as plantas estavam submetidas aos dois fatores (RH e NA).

3.6 Trocas gasosas

Ao longo do experimento as plantas foram monitoradas mensalmente no que diz respeito às trocas gasosas. Taxas de assimilação líquida de carbono (*A*), de transpiração (*E*) e de condutância estomática ao vapor de água (g_s) foram mensuradas com o aparelho Infra Red Gas Analyzer (IRGA) (modelo LCi, ADC, BioScientific, Inglaterra) em folhas completamente expandidas e mantidas em suas posições naturais, utilizando radiação artificial saturante em torno de 1100 μmol de fótons m^{-2} s^{-1}. A mensuração foi realizada no período da manhã, entre 9:00 e 12:00 horas, em duas das quatro plantas da repetição, analisando duas folhas diferentes de cada planta amostrada, totalizando quatro dados por repetição.

3.7 Teores de carboidratos nas folhas

A coleta de folhas para quantificação dos teores de carboidratos solúveis foi realizada mensalmente nas quatro plantas da repetição (duas folhas aleatórias por planta), amostrando-se folhas completamente expandidas e expostas à radiação solar direta. As folhas foram transportadas ao laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Agroindústria Tropical e

secas em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 60 °C por um período mínimo de 72 horas, seguido de trituração em moinho analítico.

O extrato para análise de carboidratos solúveis foi formulado a partir de 1 g de material seco para 50 ml de água. A extração se deu por agitação por período de duas horas em agitador do tipo sheik. Seguindo o processo, foi realizada a filtração da solução com papel de filtro para obtenção do produto final, o substrato. Desse, foi coletado em torno de 50 μL de cada amostra para a análise do teor de carboidratos solúveis totais, segundo metodologia descrita por Dubois (1956), que utiliza fenol a 5% e ácido sulfúrico nas suas reações. As leituras das amostras foram realizadas em espectrômetro utilizando 490 ηm de absorbância e a partir da equação de regressão linear obtida pela curva padrão foi mensurada a concentração carboidratos solúveis de cada amostra.

3.8 Produção e qualidade de castanha e de pedúnculo

Foram observados os pesos das castanhas da área em questão na safra posterior (safra 2013/2014) à implantação dos tratamentos. Além das castanhas dos tratamentos mencionados no fatorial RHxNA, para efeito de comparação dentro da safra 2013/2014, foi inclusa uma parcela adicional com cinco repetições, de forma que as plantas dessa parcela não foram cortadas para extração da goma, não foram irrigadas e não foram adubadas. As castanhas foram coletadas durante todo o período produtivo. A coleta foi realizada planta por planta e posteriormente pesadas em balanças da unidade de beneficiamento do campo experimental.

A produção do pseudofruto (pedúnculo) foi estimada a partir da produção de castanhas, utilizando um fator de multiplicação definido como a razão do peso do pedúnculo pelo peso da castanha. A amostragem do caju para obtenção desse fator foi realizada coletando-se dois cajus por planta de cada parcela, perfazendo um total de quarenta amostras para cada nível de adubação, tanto no cultivo irrigado como em sequeiro. A avaliação da qualidade do pedúnculo foi realizada mediante análise do teor de sólidos solúveis (SS). Para tanto, foram utilizados os mesmos materiais coletados para mensurar o fator de estimação da produtividade de pedúnculo, onde cada repetição estava representada por oito cajus. Posteriormente à coleta, os oito pedúnculos foram processados juntos, em processador de

frutas, para obtenção do material líquido, que foi analisado em um refratômetro para obtenção do SS em °Brix.

As variáveis de produção de castanha e de pedúnculo, bem como o teor de sólidos solúveis do pedúnculo foram analisados considerando os dois fatores (RH e NA) e uma testemunha (plantas que não foram utilizadas para extração da goma de cajueiro), como sete tratamentos independentes, com o objetivo de comparar o comportamento de produção das plantas sem a extração da goma.

3.9 Análise econômica

3.9.1 Custo de produção total

Foi considerado primeiramente o custo de produção de um pomar objetivando os produtos: goma, castanha e pedúnculo, para os tratamentos citados no fatorial RHxNA, avaliando um pomar já implantado de cajueiro anão precoce com idade de dezoito anos (área especifica de um hectare), não entrando na composição dos custos totais os custos fixos da terra e de implantação do pomar, além de encargos sociais e impostos. Foi considerado ainda que a oferta de água para os tratamentos irrigados era abundante. Os serviços mecanizados para o manejo adequado da área foram todos mediante contrato de aluguel de máquinas e implementos específicos, quantificados em hora/máquina (h/maq). Os valores de produção foram obtidos em $kg.ha^{-1}ano^{-1}$, independente do produto colhido (goma, castanha ou pedúnculo).

Para essa avaliação, foram considerados os dados obtidos de fevereiro a dezembro de 2013, tanto para a produção de goma como para a energia consumida pelo sistema de irrigação e serviços gerais de manejo. Os valores unitários dos materiais e insumos foram obtidos a partir de pesquisa de mercado realizado em rede de internet.

Os dados sobre mão-de-obra e serviços disponíveis na região, assim como a remuneração desses, foram obtidos por comunicação verbal cedida pelo administrador e gestor do campo experimental de Pacajus.

O custo total de produção pode ser obtido por uma equação que leva em consideração os custos fixos e os custos variáveis da produção. Para cada cenário (produção

em função dos diferentes tratamentos) foi obtido um custo total, onde posteriormente foi realizada uma análise do tipo estática comparativa, com o objetivo de conhecer qual tratamento se destaca na produção final, ou seja, qual tratamento produz mais goma, castanha e pedúnculo a um menor custo.

Para o cultivo de sequeiro foram avaliados como serviços a roçagem da área, a aplicação de calcário, a aplicação e incorporação de fertilizantes (de acordo com suas dosagens), a aplicação de defensivos agrícolas, a abertura dos cortes, a aplicação do estimulante (Ethrel), a instalação de plásticos de proteção (utilizados apenas no período chuvoso) e a coleta propriamente dita da goma, da castanha e de pedúnculo. Como insumos foram considerados o calcário dolomítico, os fertilizantes (diferentes dosagens para cada tratamento), os defensivos agrícolas, o estimulante químico, ferramentas para coleta da goma (cutela, formão, martelo, pincel e pregos), os sacos de coleta da goma e os plásticos de proteção.

No sistema irrigado, além dos serviços mencionados para o cultivo em sequeiro, foi considerada a instalação do sistema de irrigação, e como insumos, todos os componentes necessários para o perfeito funcionamento do sistema de irrigação, além do custo energético para captação da água aplicada (quantificada por um hidrômetro). O gasto inerente à implantação do sistema de irrigação para um hectare foi calculado a partir de uma simulação de financiamento referenciada pelo Banco do Nordeste do Brasil, com amortização em cinco anos, utilizando taxa de juros de 5,3 % a.a. e bônus de adimplência de 15%. O valor correspondente ao custo de implantação do sistema de irrigação para um hectare foi obtido a partir do CEINFO (Centro de Informações Tecnológicas e Comerciais para Fruticultura Tropical).

No controle de plantas daninhas foram utilizados três métodos: aplicação de herbicidas, passagem de roçadeira e de enxadas rotativas. A aplicação do herbicida foi realizada no coroamento das plantas, onde um operário devidamente equipado realizou três aplicações ao longo do ano. A passagem da roçadeira foi realizada cinco vezes no ano, de forma cruzada. A passagem da enxada rotativa foi realizada duas vezes no ano, de forma cruzada.

3.9.2 Custo de produção isolado da goma e estimativa de preço unitário

Considerando o custo de produção isolado da goma de cajueiro anão precoce com o objetivo de estipular um preço por quilo, o custo foi formulado de acordo com os tratamentos. Considerando que a goma é um produto agregado, e que o produtor aduba o pomar em pelo menos o recomendado, temos para extração da goma os custos com Ethrel (estimulante químico), sacos plásticos de armazenamento, plásticos de proteção, energia para irrigar, coleta de goma, reabertura dos cortes, aplicação do estimulante, instalação de plásticos de proteção ao corte, EPI – botas de borracha, EPI - capa de chuva, EPI - luvas de raspa, EPI – óculos, cutelo 6", formão 3/4", martelo 25 cm, pincel de aplicação 2", pregos e a primeira abertura dos corte para extração da goma. Para o nível mais alto de adubação, foi considerado ainda o valor acrescentado para os adubos ureia e cloreto de potássio em relação ao nível intermediário (praticado pelo produtor).

Deve ser ressaltado que dos custos citados alguns são referentes a investimento inicial, como o EPI – botas de borracha, EPI - capa de chuva, EPI - luvas de raspa, EPI – óculos, cutelo 6", formão 3/4", martelo 25 cm, pincel de aplicação 2", pregos e a primeira abertura dos corte para extração da goma. Na exploração a partir do segundo ano esses custos com investimento inicial não serão considerados e o preço unitário da goma será menor. Fazendo a relação entre o custo total para produzir a goma e a produção anual desse produto, obtivemos um valor unitário por quilo para cada cenário, mas deve ser ressaltado que esse valor não corresponde ao valor de venda no mercado, e sim um valor para cobrir os custos de produção da goma.

3.9.3 Receitas e lucros por cenário

Após elaboração dos custos totais para a produção simultânea da goma, castanha e pedúnculo e da estimativa do preço unitário da goma de cajueiro em R$/kg (obtida pelo custo total isolado da goma juntamente com informações de produção), foi possível elaborar as receitas e consequentemente os lucros para os diferentes cenários.

A composição das receitas foi obtida a partir do produto do preço unitário pela quantidade produzida. Como trabalhamos com três produtos distintos, as receitas foram obtidas a partir do somatório das receitas geradas por cada produto.

Os preços unitários do quilo da castanha e do quilo do pedúnculo foram os praticados pelo mercado no ano de 2013, obtidos em comunicação verbal com o gestor do campo experimental onde foi realizado o estudo. O preço unitário da goma foi obtido conforme mencionado anteriormente.

Os lucros foram obtidos a partir da diferença entre a receita total e os custos totais de produção para cada cenário.

3.10 Análise estatística

Todas as variáveis analisadas foram submetidas primeiramente ao sistema fatorial 2x3 representado pelos fatores regime hídrico e níveis de adubação, analisando a variância considerando o teste *F*, e posteriormente submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade (GOMES, 2000), para a comparação das médias. Para as variáveis de produção de castanha, de pedúnculo e de sólidos solúveis do pedúnculo da safra 2013/2014, além da análise de variância citada foi realizada outra análise de variância, considerando a interação entre os fatores e a parcela adicional como tratamentos independentes, seguindo-se com a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para as variáveis de produção de goma mensal, teor de carboidratos solúveis nas folhas, e trocas gasosas (assimilação líquida de carbono, transpiração e condutância estomática ao vapor de água) foi realizado ainda uma análise de variância, considerando o teste *F*, para um fatorial 2x3 representado pelos fatores regime hídrico e fases fenológicas da cultura, posteriormente comparando-se as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O software utilizado para gerar as análises de variâncias desbalanceadas (por conta da eliminação de algumas repetições), e o teste de comparação de média segundo Tukey a 5% de probabilidade foi o SAS/STAT versão 9.1 (SAS INSTITUTE INC, 2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Água aplicada

Ao término das avaliações foi constatada, através do hidrômetro, a aplicação de 1408,64 m^3 de água para o cultivo irrigado. Levando em consideração a quantidade de microaspersores na área, o número de irrigações mensais e o volume de água aplicado por microaspersor em cada irrigação, a necessidade hídrica na área para o período de avaliação foi de 1661,64 m^3.

De outubro a dezembro de 2012 a necessidade hídrica da cultura foi estimada em 367,99 m^3, o hidrômetro marcou a aplicação de 429,30 m^3, indicando um excesso de água aplicado pelo sistema de irrigação de 61,31m^3.

Quando consideramos os meses de janeiro a julho de 2013, que corresponderam ao período de ocorrência de precipitação em forma de chuva, observamos que a necessidade hídrica da cultura foi estimada em 664,29 m^3, enquanto o hidrômetro mensurou apenas uma aplicação de 419,09m3, indicando uma deficiência de aplicação do sistema de irrigação de 245,19 m^3. De ser ressaltado que nesse período a precipitação em forma de chuva foi de 618,7 mm (Figura 3), que equivale a 0,618 m^3 de água precipitada em uma área de um m^2. Como a área em questão estava representada por 2744 m^2 (56 plantas com uma área de 49 m^2 por planta), o volume precipitado em forma de chuva foi de 1695,80 m^3 de água na área de cultivo irrigado (obtido pelo produto entre a precipitação em m3 e a área ocupada pelo pomar irrigado). Dessa precipitação o volume de água que chega ao solo, podendo estar disponível à planta, é estimado em 70%. Essa porcentagem equivale à precipitação que chega ao solo em cultivo de floresta, utilizada neste estudo por conta da copa do cajueiro estar entrelaçada. Desta forma, dos 1695,80 m^3 de água precipitada em forma de chuva, atingiram o solo 1187,05 m^3, o que equivale a quase cinco vezes o valor do déficit.

No primeiro semestre do ano, onde há incidência de chuva na região, comumente o operário de campo responsável pelo sistema de irrigação deixa de ligar o sistema quando no dia anterior houve uma chuva de intensidade considerável para não ser preciso irrigar no dia seguinte. Isso contribui para a não marcação do hidrômetro, gerando assim uma observação de déficit de aplicação de água pelo sistema de irrigação.

No período de agosto a dezembro de 2013, e necessidade hídrica calculada foi de 629,37m^3, o hidrômetro marcou para esse período uma aplicação de 560,25 m^3, gerando um déficit de apenas 69,12 m^3. Esse déficit foi compensado pela precipitação de 33,7 mm que ocorreu nos meses de novembro e dezembro (Figura 3). 33,7 mm, corresponde a 0,0337 m^3.m^{-2} de área, indicando um aplicação em forma de chuva de 92,74 m^3, quando consideramos a precipitação que chega ao solo obtemos um valor de 64,73m^3.

4.2 Condutância estomática ao vapor d´água (g_s)

Para a variável condutância estomática das folhas, ocorreu diferença estatística para o fator regime hídrico (RH) nos dois primeiros meses de avaliação, assim como no mês de julho e nos dois últimos meses de avaliação (Tabelas 6 e 7). Quando consideramos o fator nível de adubação (NA), a diferença estatística foi constatada para os meses de março, abril e setembro de 2013 (Tabela 7). Observou-se interação entre os dois fatores analisados para o último mês de avaliação (Outubro de 2013) (Tabela 7).

Tabela 6 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio – QM) para condutância estomática (*gs*) de folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos quatro primeiros meses de avaliação, sob dois regimes hídricos (RH): irrigado e sequeiro e sem o fator nível de adubação

		QM		QM		QM		QM
Fonte de Variação	GL	Out/12	GL	Nov/12	GL	Dez/12	GL	Jan/13
Reg. Hídrico (RH)	1	0,017*	1	0,006*	1	0,004^{ns}	1	0,020^{ns}
Resíduo	20	0,003	20	0,001	17	0,003	22	0,008
CV (%)		23,92		18,32		25,67		21,80

*: significativo a 5 de probabilidade e ns: não significativo, pelo teste F

Tabela 7 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio – QM) para condutância estomática (*gs*) de folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos meses de avaliação, das plantas sob dois regimes hídricos (RH) e três níveis de adubação (NA)

		QM		QM		QM
Fonte de Variação	GL	Fev/13	GL	Mar/13	GL	Abr/13
Reg. Hídrico (RH)	1	0,010^{ns}	1	0,292^{ns}	1	0,003^{ns}
Nível de Adubação (NA)	2	0,002^{ns}	2	0,002^{ns}	1	0,018*
RH x NA	2	0,004^{ns}	2	0,008^{ns}	2	0,007^{ns}
Resíduo	18	0,004	24	0,121	16	0,004
CV (%)		20,43		9,94		16,68
F.V	GL	Mai/13	GL	Jun/13	GL	Jul/13
RH	1	0,0001^{ns}	1	0,003^{ns}	1	0,016*
NA	2	0,0060^{ns}	2	0,005^{ns}	2	0,0053^{ns}
RH x NA	2	0,0012^{ns}	2	0,005^{ns}	2	0,0006^{ns}
Resíduo	21	0,0036	19	0,003	23	0,0035
CV (%)		18,28		14,65		20,30
F.V	GL	Ago/13	GL	Set/13	GL	Out/13
RH	1	0,0004^{ns}	1	0,020**	1	0,012**
NA	2	0,0009^{ns}	2	0,014**	2	0,0018^{ns}
RH x NA	2	0,0041^{ns}	2	0,0009^{ns}	2	0,004*
Resíduo	19	0,0019	13	0,0010	9	0,0006
CV (%)		21,03		23,09		16,16

*,**: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente e ns: não significativo, pelo teste F

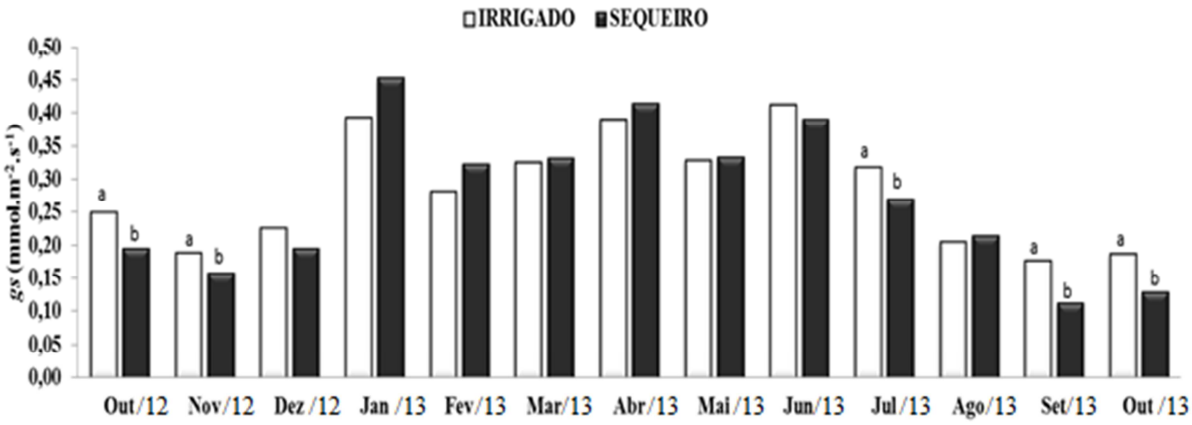
A condutância estomática (*gs*), independente das plantas estarem ou não submetidas à irrigação, seguiu uma tendência crescente de dezembro a junho, com decréscimo a partir desse mês até outubro de 2013 (Figura 7). O fato de utilizar o sistema de irrigação não evitou o fechamento estomático no período mais seco de avaliação (Figura 7). Contudo, em janeiro de 2013 houve um pico de *gs* (Figura 7), que pode ser creditado à influência do tempo nublado, baixo valor de déficit de pressão de vapor e das boas condições hídricas do solo, indicando que os estômatos estavam bem abertos.

Quando consideramos o crescimento de dezembro a abril (excluindo janeiro) e o decréscimo de junho a outubro, mesmo comportamento foi observado na taxa fotossintética (Figura 10), nota-se que tanto o crescimento como o decréscimo são mais acentuados na gs do que na variável taxa fotossintética. Essa ampla variação na condutância estomática, entre a maior e a menor condutância estomática e a não observação da mesma variação para a fotossíntese no período avaliado, pode ser um indicativo de aumento na eficiência intrínseca do uso da água e consequentemente de adaptação do cajueiro à baixa disponibilidade hídrica.

Como não houve interação entre os fatores, a análise de cada fator pôde ser feita com os tratamentos do outro fator agrupados. Nos meses onde ocorreu diferenciação dentro do fator RH, houve sempre uma superioridade do cultivo irrigado sobre o de sequeiro. Os valores de gs observados para esses meses foram 0,25 e 0,19 $mmol.m^{-2}s^{-1}$ (Outubro de 2012); 0,19 e 0,16 $mmol.m^{-2}s^{-1}$ (Novembro de 2012); 0,32 e 0,27 $mmol.m^{-2}s^{-1}$ (Julho de 2013); 0,18 e 0,11 $mmol.m^{-2}s^{-1}$ (Setembro de 2013) e 0,19 e 0,13 $mmol.m^{-2}s^{-1}$ (Dezembro de 2013), para irrigado e sequeiro, respectivamente. Excetuando o mês de janeiro de 2013, os maiores valores de condutância estomática encontrada foram nos meses de abril e junho de 2013 (Figura 7).

Bezerra *et al.* (2007) e Schaper *et al.* (1996) encontraram valores mais baixos de condutância estomática nas plantas de sequeiro, comportamento semelhante ao deste estudo. Por outro lado, o valor médio, para condutância estomática de plantas de cajueiro anão precoce sob irrigação e em sequeiro, encontrados por Nascimento (2010) foi de 0,64 $mmol.m^{-2}s^{-1}$, ou seja, mais do que o dobro encontrado neste estudo (0,28 e 0,27 para irrigado e sequeiro, respectivamente), enquanto Lima *et al.* (2010) e Amorim *et al.* (2011) encontraram valores mais próximos ao deste estudo. Vale salientar que o estudo de Nascimento (2010) foi realizado em Paraipaba – CE.

Figura 7 – Condutância estomática ao vapor de água (*gs*), de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob irrigação e em condições de sequeiro. Pacajus, 2012-2013

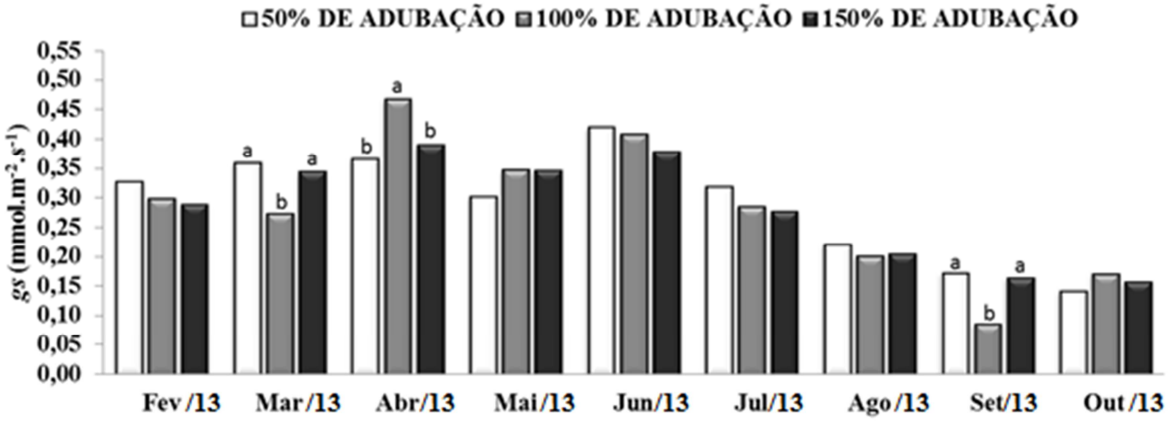


Já na análise do nível de adubação, encontrou-se diferenciação nos meses de março, abril e setembro de 2013, com o primeiro e o último seguindo o mesmo comportamento (Figura 8). O comportamento apresentado por esses meses semelhantes foi a menor média de condutância estomática para o cultivo com 100% de adubação. No mês de

abril de 2013, observou- se uma inversão dos valores, onde o cultivo com 100% de adubação apresentou valor superior aos demais níveis (Figura 8).

Montenegro (2011) encontrou valores médios de condutância estomática igual a 0,25; 0,22 e 0,25 mmol.m^{-2}s^{-1}, para o cultivo sem adubação, adubação recomendada e o dobro da adubação recomendada, respectivamente, valores bastante próximos dos valores de condutância estomática encontrado neste estudo (0,29; 0,28 e 0,28 mmol.m^{-2}s^{-1} para 50, 100 e 150% de adubação, respectivamente).

Figura 8 – Condutância estomática ao vapor de água (*gs*), de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas com 50%, 100% e 150% da adubação recomendada. Pacajus, 2013



No último mês de avaliação da variável condutância estomática, pôde ser observada uma interação entres os dois fatores (RH e NA) (Tabela 7). As plantas quando cultivadas com 150% de adubação, apresentaram condutância estomática no cultivo irrigado superior ao daquelas cultivadas em sequeiro, 0,22 e 0,10 mmol.m^{-2}s^{-1}, respectivamente para irrigado e sequeiro (Tabela 8). As plantas com o menor nível de adubação em sistema irrigado, mesmo sem diferir estatisticamente, apresentaram médias bem inferiores aos demais níveis (Tabela 8). No cultivo em sequeiro, independente do dos níveis de adubação adotados, a condutância comportou-se com valores aproximados (Tabela 8).

Os valores mais baixos de condutância estomática no cultivo em sequeiro com nível de adubação máximo, possivelmente é consequência da redução do potencial osmótico do solo por conta da elevada adição de nutrientes e do fechamento estomático por conta da inibição da absorção de água da planta.

Tabela 8 – Desdobramento da interação das médias para condutância estomática (*gs*) das folhas, nos diferentes regimes hídricos (RH) dentro dos níveis de adubação (NA) e desse dentro dos diferentes regimes hídricos (RH) para o mês de outubro de 2013

	Condutância estomática (gs - $mmol.m^{-2}s^{-1}$)		
	Níveis de adubação (NA)		
Regimes Hídricos (RH)	50%	100%	150%
Irrigado	0,14 a A	0,22 a A	0,22 a A
Sequeiro	0,14 a A	0,14 a A	0,10 b A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na mesma coluna e médias seguidas da mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,5)

Ainda analisando a variável condutância estomática, porém comparando o fator RH com as fases fenológicas da cultura (FF), foi observada diferença estatística apenas para FF (Tabela 9).

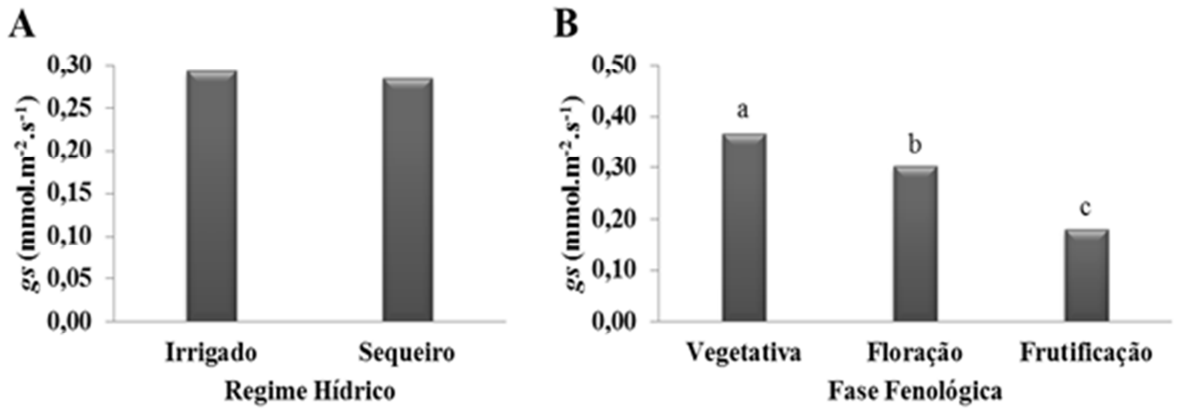
Tabela 9 – Resumo da análise de variância para condutância estomática (gs) de folhas de cajueiro anão precoce, sob influência de dois fatores: regime hídrico (RH) e fases fenológicas (FF)

		Quadrado Médio
Fonte de Variação	GL	Condutância estomática (gs)
Reg. Hídrico (RH)	1	$0,0015^{ns}$
Fases Fenológicas (FF)	2	0,2101**
RH x FF	2	$0,0021^{ns}$
Resíduo	69	0,0017
CV (%)		14,35

**: significativo a 1 % de probabilidade e ns: não significativo, pelo teste F

Na Figura 9A pode ser observado valores de 0,29 e 0,28 $mmol.m^{-2}s^{-1}$ para o cultivo irrigado e o de sequeiro, respectivamente, indicando proximidade dos valores. Por sua vez, nota-se que na fase de frutificação as plantas apresentaram condutância estomática bem inferior as demais fases, com valores de 0,18 $mmol.m^{-2}s^{-1}$ (Figura 9B), possivelmente pelo fato dessa fase fenológica coincidir com o período climático mais seco. A fase vegetativa, em contrapartida, apresentou os maiores valores (0,37 $mmol.m^{-2}s^{-1}$), aproximadamente o dobro do encontrado na fase de frutificação, contribuição dos altos valores de condutância estomática do mês de janeiro de 2013 (mês com contribuição atípica). Ademais, a fase vegetativa coincidiu com o período climático onde ocorreu precipitação, ou seja, possivelmente o solo estivesse com o potencial hídrico elevado garantindo a abertura estomática e as trocas de água e dióxido de carbono entre a planta e a atmosfera.

Figura 9 – Condutância estomática (*gs*), de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob dois diferentes regimes hídricos (A) e em três fases fenológicas distintas (B). Pacajus, 2012-2013



4.3 Taxa de assimilação líquida de carbono (*A*)

Para a variável de assimilação líquida de carbono (*A*) – fotossíntese, ao longo dos meses de avaliação, observou-se que o único mês que não apresentou diferença estatística para o fator regime hídrico (RH) foi o mês de outubro de 2012, ou seja, o primeiro mês de avaliação. Para os demais meses houve diferença estatística tanto ao nível de 5% de probabilidade (meses de dezembro de 2012; março, abril e outubro de 2013), como ao nível de 1% (demais meses) (Tabela 10 e 11). Já para o fator nível de adubação (NA), o mês de setembro de 2013 foi o único a apresentar diferença estatística (nível de 5%) (Tabela 11). Na interação entre os dois fatores (RH x NA), observamos diferença estatística para o mês de outubro de 2013 (Tabela 11), último mês de avaliação da variável.

Tabela 10 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio – QM) para fotossíntese líquida (*A*) de folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos quatro primeiros meses de avaliação, sob dois regimes hídricos (RH): irrigado e sequeiro e sem o fator nível de adubação.

		QM		QM		QM		QM
Fonte de Variação	GL	Out/12	GL	Nov/12	GL	Dez/12	GL	Jan/13
Reg. Hídrico (RH)	1	2,28^{ns}	1	58,82**	1	13,367*	1	22,31**
Resíduo	26	2,06	26	1,41	23	1,83	25	1,04
CV (%)		14,07		12,57		14,50		9,60

*,**: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente e ns: não significativo, pelo teste F

Tabela 11 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio – QM) para fotossíntese líquida (*A*) de folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos meses de avaliação, das plantas sob dois regimes hídricos (RH) e três níveis de adubação (NA).

		QM		QM		QM
Fonte de Variação	GL	Fev/13	GL	Mar/13	GL	Abr/13
Reg. Hídrico (RH)	1	13,16**	1	4,69*	1	8,62*
Nível de Adubação (NA)	2	$0,51^{ns}$	2	$0,15^{ns}$	2	$2,02^{ns}$
RH x NA	2	$0,20^{ns}$	2	$0,49^{ns}$	2	$0,05^{ns}$
Resíduo	24	1,04	24	0,88	23	1,58
CV (%)		8,50		7,93		9,32
F.V	GL	Mai/13	GL	Jun/13	GL	Jul/13
RH	1	15,43**	1	22,67**	1	9,56**
NA	2	$2,11^{ns}$	2	$0,52^{ns}$	2	$0,73^{ns}$
RH x NA	2	$0,06^{ns}$	2	$2,32^{ns}$	2	$0,008^{ns}$
Resíduo	22	1,13	21	1,04	22	1,10
CV (%)		8,56		7,74		8,57
F.V	GL	Ago/13	GL	Set/13	GL	Out/13
RH	1	39,91**	1	27,28**	1	15,29*
NA	2	$1,56^{ns}$	2	15,12*	2	$1,39^{ns}$
RH x NA	2	$0,54^{ns}$	2	$0,61^{ns}$	2	8,59*
Resíduo	18	1,31	14	2,74	10	1,66
CV (%)		10,06		15,88		12,54

*,**: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente e ns: não significativo, pelo teste F

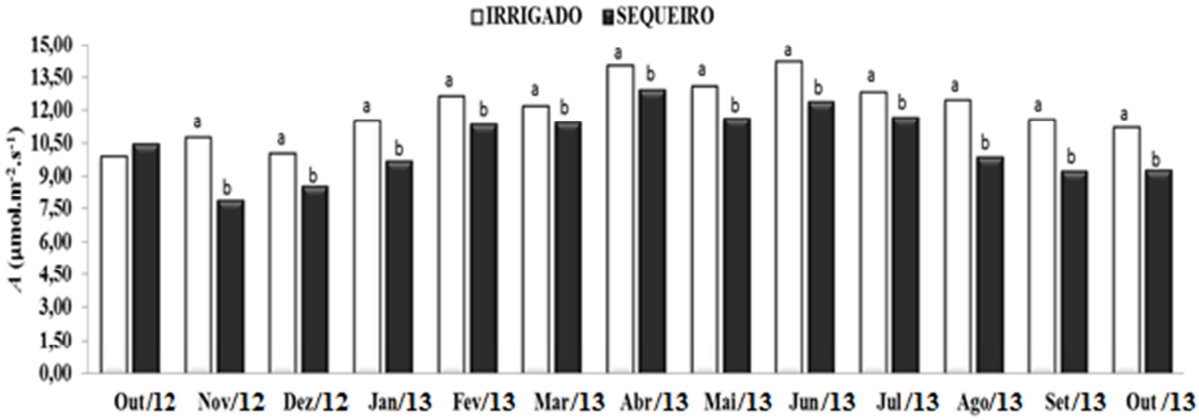
Como não houve interação entre os fatores, a análise de cada fator pôde ser feita com os tratamentos do outro fator agrupados. Assim, para o fator regime hídrico ao longo dos meses, a fotossíntese das plantas cultivadas com irrigação apresentaram valores entre 0,8 e 2,9 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$ superiores às plantas que foram cultivadas em sequeiro (excluindo o primeiro mês de avaliação, que não apresentou diferença estatística) (Figura 10).

Os menores valores de fotossíntese encontrados foram de 10,04 e 7,88 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$ para o cultivo irrigado e em sequeiro, respectivamente, enquanto os maiores valores foram de 14,22 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$, para o cultivo irrigado (junho de 2013) e 12,95 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$ para o cultivo em sequeiro (abril de 2013) (Figura 10).

A taxa fotossintética, independentemente das plantas estarem ou não submetidas à irrigação, seguiu uma tendência crescente de dezembro a abril e decrescente de junho a outubro (Figura 10). O fato de utilizar o sistema de irrigação não evitou o decréscimo de taxa fotossintética das plantas no período mais seco de avaliação, contudo a taxa de decréscimo

para essa variável no sistema de cultivo irrigado foi menor quando comparado com o cultivo em sequeiro (Figura 10).

Figura 10 – Taxa de assimilação líquida de carbono (*A*) – fotossíntese, de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob irrigação e em condições de sequeiro. Pacajus, 2012-2013



Bezerra *et al.* (2007), avaliando a taxa fotossintética de plantas de cajueiro anão precoce com dois anos de idade, sob influência da irrigação e em cultivo de sequeiro, confirmaram os dados encontrados nesse estudo, onde os autores observaram que a supressão da irrigação provocou reduções na taxa fotossintética das plantas avaliadas. Também, corroborando com os dados aqui apresentados, Schaper *et al.* (1996), avaliando trocas gasosas em plantas de cajueiro na região norte da Austrália, afirmaram que as plantas quando não irrigadas apresentaram menores valores para a taxa fotossintética quando comparadas as que receberam irrigação.

Nascimento (2010), estudando os aspectos fisiológicos e produtivos de clones de cajueiro anão precoce cultivado sob dois regimes hídricos, observou dados divergentes, em que o clone CCP-76 não respondeu de forma diferenciada quando submetido a irrigação, para qualquer mês de avaliação. Porém, deve ser levado em consideração que o estudo realizado por Nascimento (2010), foi conduzido no ano de 2009, ano este em que os valores de precipitação na região foram atípicos (excessivos), muitas vezes com valores superiores às precipitações médias históricas, diferente dos anos desse estudo (iniciado no ano de 2012 e finalizado no ano de 2013), considerados secos, tendo em vista que as precipitações foram inferiores as precipitações médias históricas (Figura 3).

Amorim *et al.* (2011), avaliando a taxa fotossintética de plantas de cajueiro anão precoce (CCP-76) sob irrigação e em sequeiro no segundo semestre do ano de 2006,

observaram não haver diferença entre os regimes avaliados, divergindo dos valores encontrado neste estudo. Os autores encontraram valores médios de fotossíntese, para o período avaliado, de 15,2 μmol.$m^{-2}s^{-1}$.

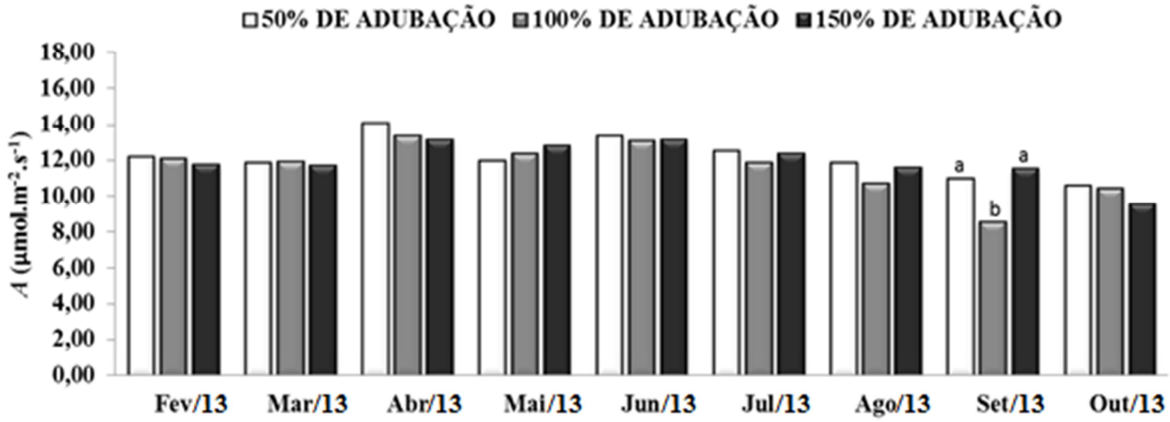
Lima *et al.* (2010), avaliando taxa fotossintética em plantas do clone CCP-76, em condições de sol e em sombreamento, submetidas a irrigação ou não, de setembro de 2006 a agosto de 2007; observaram que a taxa fotossintética não diferiu entre os dois sistemas de cultivos, porém deve ser ressaltado que estes autores trabalharam com plantas em estádio inicial.

Souza *et al.* (2005) e Alvarez Pizarro (2006), avaliando plantas jovens de cajueiro anão precoce, encontraram comportamento semelhantes ao de Lima *et al.* (2010) e Amorim *et al.* (2011), quando avaliaram a taxa fotossintética de cajueiro anão precoce. Divergindo assim, dos valores encontrados nesse estudo e nos estudos realizados por Bezerra *et al.* (2007) e Schaper *et al.* (1996).

A variação de 50% a menos e 50% a mais na adubação recomendada (níveis de 50 e 150% de adubação), afetou significativamente a taxa fotossintética apenas no penúltimo mês de avaliação (setembro de 2013) (Figura 11), apresentando valores de 11,00, 8,58 e 11,61 μmol.$m^{-2}s^{-1}$, para 50, 100 e 150% de adubação, respectivamente. Avaliando o nível de 100% de adubação, observa-se um decréscimo de junho a setembro (período seco) a uma taxa de variação maior do que decrescem os demais níveis (50 e 150%) (Figura 11).

Corroborando com o observado neste estudo, Montenegro (2011), avaliando a fotossíntese sob influência da nutrição mineral (sem adubação, adubação recomendada e o dobro da adubação recomendada), não encontrou diferença estatística quando se aumentou ou diminuiu o nível de adubação em pelo menos 50% da recomendada (comparação efetuada em meses semelhantes de avaliação – junho e outubro). Os valores médios de fotossíntese encontrado pelo autor foram 13,74 e 13,09 μmol.$m^{-2}s^{-1}$, para plantas adubadas e não adubadas, respectivamente. Esses valores foram ligeiramente superiores ao encontrados nesse estudo: 12,17, 11,60 e 11,95 μmol.$m^{-2}s^{-1}$para 50, 100 e 150% de adubação, respectivamente.

Figura 11 – Taxa de assimilação líquida de carbono (*A*) – fotossíntese, de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas com 50%, 100% e 150% da adubação recomendada. Pacajus, 2013



No último mês de avaliação das trocas gasosas (Outubro de 2013), constatou-se através da interação entre os fatores, que as plantas quando cultivadas com 150% de adubação, apresentaram taxa fotossintética no cultivo irrigado superior ao daquelas cultivadas em sequeiro, com valores de 12,15 e 6,95 µmol.m^{-2}s^{-1}, respectivamente (Tabela 12).

A maior taxa fotossintética encontrada no maior nível de adubação em sistema de cultivo irrigado, possivelmente seja consequência das ótimas condições hídricas e nutricionais das plantas. Em contrapartida, as menores taxas fotossintéticas encontradas para o mesmo nível de adubação citado, porém no cultivo em sequeiro, possivelmente seja pela falta de água juntamente com elevadas aplicações de adubo ao solo, ocasionando redução do potencial osmótico do solo, impedindo a absorção de água pelas plantas e consequentemente ocasionando o fechamento estomático, inibindo assim a assimilação de dióxido de carbono.

Tabela 12 – Desdobramento da interação entre os fatores regime hídrico (RH) e níveis de adubação (NA) das médias da taxa de assimilação líquida de carbono (*A*) – fotossíntese no mês de outubro de 2013.

	Fotossíntese (*A* - µmol.m^{-2}s^{-1})		
	Níveis de adubação (NA)		
Regimes Hídricos (RH)	50%	100%	150%
Irrigado	11,53 a A	10,33 a A	12,15 a A
Sequeiro	9,64 a A	10,48 a A	6,95 b A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na mesma coluna e médias seguidas da mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,5)

Comparando-se a taxa fotossintética (*A*) com o regime hídrico (RH) e as fases fenológicas da cultura (FF) do cajueiro anão precoce, nota-se a existência de diferença estatística tanto para o fator RH como para o fator fases fenológicas da cultura (FF), ambos ao nível de 1% de probabilidade, sem interação entre os fatores (Tabela 13).

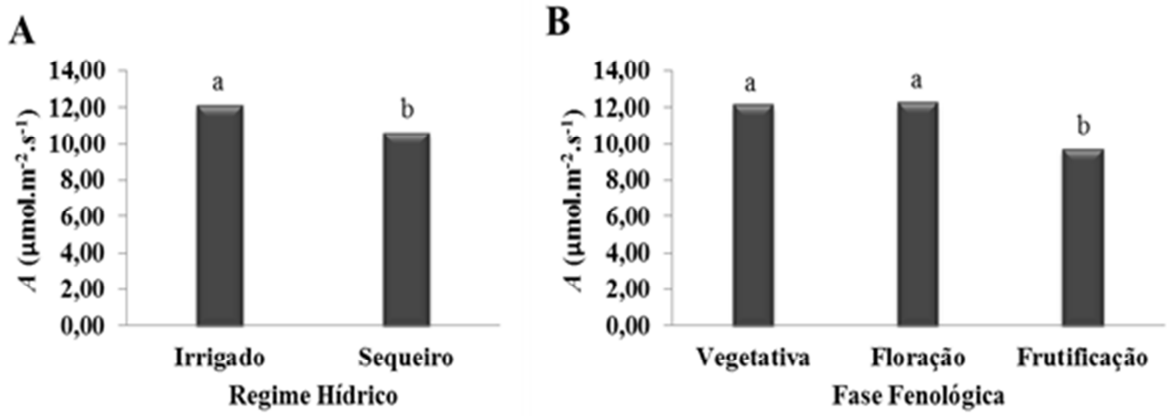
Tabela 13 – Resumo da análise de variância para fotossíntese líquida (*A*) de folhas de cajueiro anão precoce, sob influência de dois fatores: regime hídrico (RH) e fases fenológicas (FF).

		Quadrado Médio
Fonte de Variação	GL	Assimilação líquida de carbono (A)
Reg. Hídrico (RH)	1	50,45**
Fases Fenológicas (FF)	2	62,71**
RH x FF	2	$0,38^{ns}$
Resíduo	82	1,00
CV (%)		8,75

**: significativo a 1 % de probabilidade e ns: não significativo, pelo teste F

A diferença entre a taxa fotossintética das plantas cultivadas com irrigação e as cultivadas sem irrigação foi de aproximadamente 1,5 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$ (cultivo irrigado com 12,19 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$ e em sequeiro 10,68 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$) (Figura 12A). Com relação às fases fenológicas, pode ser observado que há uma redução do valor da variável na fase de frutificação (9,76 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$) diferenciando-a das fases vegetativa e de floração que apresentaram valores de 12,20 e 12,27 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$, respectivamente (Figura 12B).

Figura 12 – Taxa de assimilação líquida de carbono (*A*) – fotossíntese, de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob dois diferentes regimes hídricos (A) e em três fases fenológicas distintas (B). Pacajus, 2012-2013



Possivelmente a menor taxa fotossintética do período de frutificação seja explicada pela menor assimilação de dióxido de carbono pelos estômatos, tendo em vista que nesse período o solo apresentava-se mais seco por conta das condições climáticas locais e a planta como mecanismo de defesa fecha seus estômatos para evitar perda de água. De forma contrária, na fase vegetativa os valores para essa variável apresentam-se maiores, por coincidir com o período de maior incidência de chuvas, dando condições adequadas de água à cultura para perfeita troca gasosa com o ambiente.

Os valores encontrados na fase de floração podem ser explicados, possivelmente, pela necessidade de produzir mais fotoassimilados tanto para diferenciação de folhas em flores, como um preparativo para a frutificação (fase de extrema necessidade de fotoassimilados para "preencher" os frutos).

Montenegro (2011), avaliando as trocas gasosas de plantas de cajueiro anão precoce (enxertados utilizando a substituição de copa) em diferentes fases fenológicas, observou de forma similar, que os valores de fotossíntese foram mais elevados na fase de floração (14,40 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$). Porém, para a fase vegetativa e de frutificação, os valores encontrados pelo autor foram inversos ao aqui apresentado, ou seja, na fase de frutificação os valores foram mais elevados do que na fase vegetativa.

Guilherme *et al.* (2005a) relatam um incremento de até 37% na taxa de fotossíntese de plantas adultas de cajueiro anão precoce no período de floração, em relação à fase vegetativa, diferente dos valores do presente trabalho, em que a diferença de fotossíntese entre a fase vegetativa e de floração foi muito pequena.

4.4 Taxa de transpiração foliar (*E*)

Na variável transpiração das folhas, foi constatada diferença estatística para o fator regime hídrico (RH) nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2012, além dos meses de fevereiro, agosto e setembro de 2013 (Tabela 14 e 15). Com relação ao fator nível de adubação (NA), o mês de agosto de 2013 foi o único a apresentar diferença estatística (Tabela 15). Não foi observada diferença estatística para a interação entre os dois fatores analisados, para qualquer mês avaliado (Tabela 15).

Tabela 14 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio – QM) para transpiração (*E*) de folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos quatro primeiros meses de avaliação, sob dois regimes hídricos (RH): irrigado e sequeiro e sem o fator nível de adubação.

		QM		QM		QM		QM
Fonte de Variação	GL	Out/12	GL	Nov/12	GL	Dez/12	GL	Jan/13
Reg. Hídrico (RH)	1	1,07**	1	5,23**	1	0,91**	1	$0,26^{ns}$
Resíduo	28	0,10	28	0,17	22	0,08	26	0,12
CV (%)		9,92		13,03		9,61		10,99

**: significativo a 1 % de probabilidade e ns: não significativo, pelo teste F

Tabela 15 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio – QM) para transpiração (*E*) de folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos meses de avaliação, das plantas sob dois regimes hídricos (RH) e três níveis de adubação (NA).

		QM		QM		QM
Fonte de Variação	GL	Fev/13	GL	Mar/13	GL	Abr/13
Reg. Hídrico (RH)	1	0,87**	1	$0,292^{ns}$	1	$0,15^{ns}$
Nível de Adubação (NA)	2	$0,20^{ns}$	2	$0,002^{ns}$	2	$0,07^{ns}$
RH x NA	2	$0,04^{ns}$	2	$0,009^{ns}$	2	$0,12^{ns}$
Resíduo	23	0,11	24	0,121	20	0,16
CV (%)		8,94		9,94		10,36
F.V	GL	Mai/13	GL	Jun/13	GL	Jul/13
RH	1	0,94**	1	$0,53^{ns}$	1	$0,45^{ns}$
NA	2	$0,02^{ns}$	2	$0,05^{ns}$	2	$0,73^{ns}$
RH x NA	2	$0,03^{ns}$	2	$0,31^{ns}$	2	$5,00^{ns}$
Resíduo	24	0,11	22	0,20	24	1,79
CV (%)		8,21		11,79		29,28
F.V	GL	Ago/13	GL	Set/13	GL	Out/13
RH	1	1,30*	1	1,07*	1	$0,41^{ns}$
NA	2	1,00*	2	$0,35^{ns}$	2	$0,17^{ns}$
RH x NA	2	0,16	2	$0,54^{ns}$	2	$0,37^{ns}$
Resíduo	20	0,22	13	0,19	11	0,22
CV (%)		12,01		13,61		15,60

*,**: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente e ns: não significativo, pelo teste F

Uma vez que não foi encontrada interação entre os fatores para nenhum dos meses analisados, ao se comparar as médias de transpiração, mesmo não havendo diferença estatística dentro do fator regime hídrico, observa-se que o mês de julho de 2013 foi o único em que a transpiração das plantas em sequeiro superou a transpiração das plantas sob irrigação. Para os demais meses, as plantas cultivadas sob irrigação apresentaram transpiração foliar superior àquelas sob sequeiro, com uma média de 0,36 $mmol.m^{-2}s^{-1}$ superior (Figura 13). No mês de julho de 2013, as plantas transpiraram mais, independente de estarem ou não submetidas à irrigação, atingindo valores de 4,45 e 4,70 $mmol.m^{-2}s^{-1}$, para cultivo irrigado e em sequeiro, respectivamente.

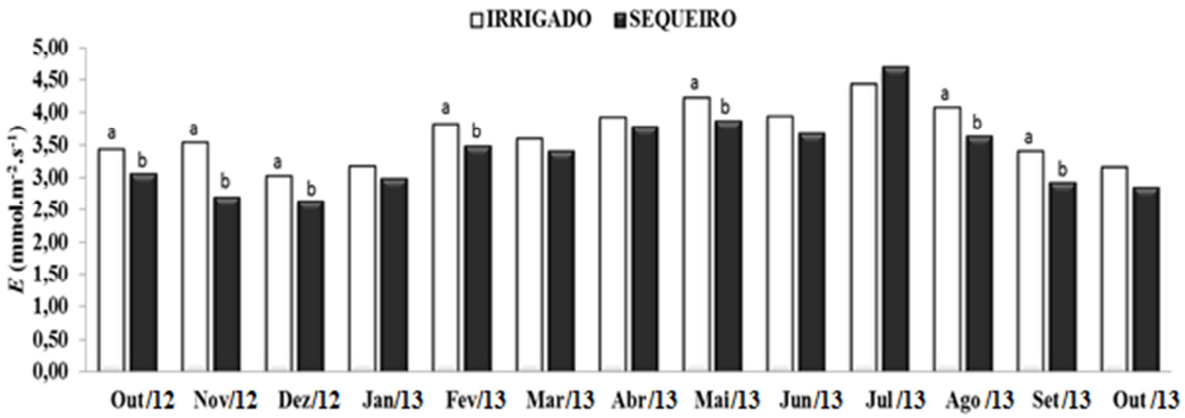
As menores médias de transpiração foliar foram observadas no mês de dezembro de 2012, tanto para o cultivo irrigado com 3,03 $mmol.m^{-2}s^{-1}$ como para o cultivo em sequeiro com 2,64 $mmol.m^{-2}s^{-1}$. O comportamento da transpiração foliar ao longo do ano para o fator em estudo (RH) seguiu a mesma tendência observada para a taxa fotossintética. Seu acréscimo iniciou em dezembro, porém estendeu-se até julho, decrescendo deste até o mês de outubro (Figura 13), indicando uma ampla relação entre essas duas variáveis.

Schaper *et al.* (1996), avaliando a transpiração foliar em plantas de cajueiro na região norte da Austrália, afirmaram que as plantas quando não irrigadas apresentaram menores valores comparadas com as plantas irrigadas, semelhante ao resultados aqui apresentados.

Bezerra *et al.* (2007), avaliando a transpiração foliar de plantas de cajueiro anão precoce com dois anos de idade, sob irrigação e em sequeiro, afirmaram que as plantas quando não irrigadas sofrem redução na transpiração foliar, corroborando com este estudo.

Nascimento (2010), avaliando a transpiração de folhas de cajueiro anão precoce (CCP-76), não encontrou diferença estatística entre os sistemas de cultivo, irrigado e sequeiro. Valores de transpiração média de 6,0 $mmol.m^{-2}s^{-1}$, foram observados pelo autor, médias superiores à encontrada aqui (3,7 $mmol.m^{-2}s^{-1}$). Da mesma forma Amorim *et al.* (2011) e Lima *et al.* (2010), não encontraram diferença estatística para a variável de transpiração foliar, entre os regimes hídricos avaliados, porém as medias de transpiração observadas nessas duas últimas publicações foram próximas da média apresentada neste estudo.

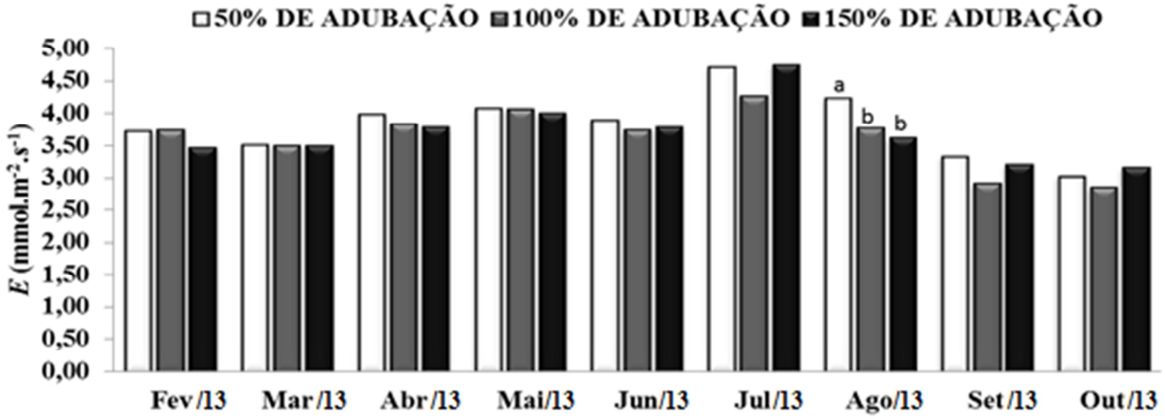
Figura 13 – Taxa de transpiração foliar (*E*), de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob irrigação e em condições de sequeiro. Pacajus, 2012-2013



Analisando a transpiração foliar, no que diz respeito ao fator NA, semelhante à análise feita para a fotossíntese, houve diferença estatística apenas para um único mês, porém o mês aqui observado foi o de agosto de 2013, seguindo com os valores 4,23; 3,77 e 3,62 mmol.$m^{-2}s^{-1}$, para 50, 100 e 150% de adubação, respectivamente. Pode ser observada uma tendência linear constante de fevereiro a junho e decrescente de julho a outubro (Figura 14).

Montenegro (2011), avaliando a transpiração sob influência da nutrição mineral (sem adubação, adubação recomendada e o dobro do recomendado), encontraram valores que corroboram aos observados neste estudo, não encontrando diferença estatística entre os níveis (comparação efetuada em meses semelhantes de avaliação – junho e outubro) mais baixos e mais elevados.

Figura 14 – Taxa de transpiração foliar (*E*), de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas com 50%, 100% e 150% da adubação recomendada. Pacajus, 2013



Analisando a variável transpiração, no sistema fatorial entre o regime hídrico e as fases fenológicas da cultura (FF), nota-se diferença estatística para o fator RH assim como para o fator fases fenológicas (FF), mas não é notada diferença estatística para interação entre os dois fatores (Tabela 16).

Tabela 16 – Resumo da análise de variância para transpiração (*E*) de folhas de cajueiro anão precoce, sob influência de dois fatores: regime hídrico (RH) e fases fenológicas (FF).

		Quadrado Médio
Fonte de Variação	GL	Transpiração foliar (E)
Reg. Hídrico (RH)	1	2,99**
Fases Fenológicas (FF)	2	5,64**
RH x FF	2	$0,32^{ns}$
Resíduo	79	0,11
CV (%)		9,28

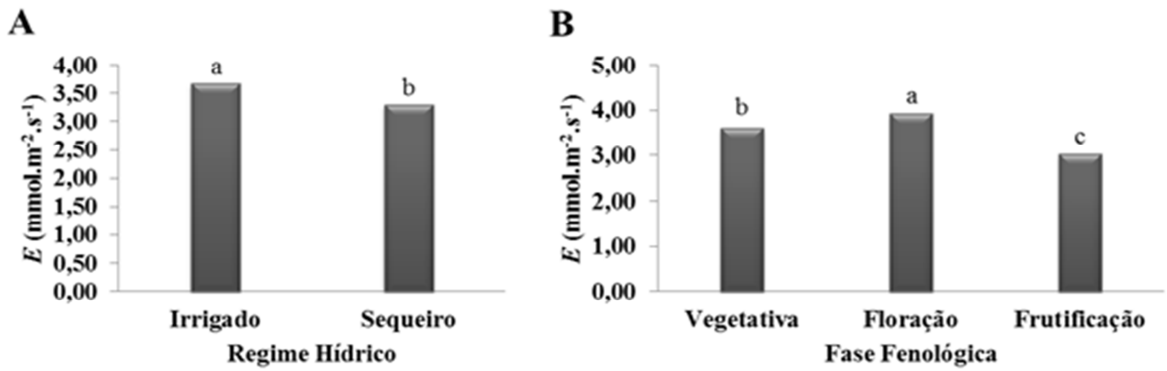
**: significativo a 1 % de probabilidade e ns: não significativo, pelo teste F

Na Figura 15A pode ser observado que as plantas irrigadas transpiraram mais do que as que não foram irrigadas, com 3,69 e 3,31 $mmol.m^{-2}s^{-1}$, respectivamente, representando uma diferença de 10,3%. Na fase de frutificação, semelhante à taxa fotossintética, foi onde ocorreu a menor média de transpiração (Figura 15B). A fase em destaque foi a de floração, com valores médios de 3,94 $mmol.m^{-2}s^{-1}$ (Figura 15B).

Semelhante ao raciocínio adotado para taxa fotossintética, na fase de floração a transpiração foi elevada para garantir as trocas gasosas da planta e aumentar a taxa fotossintética, uma vez que a maior produção de fotoassimilados para diferenciação de folhas e preenchimento do fruto depende disso.

Montenegro (2011) encontrou os seguintes valores de transpiração para as diferentes fases fenológicas: 1,42; 4,89 e 3,94 $mmol.m^{-2}s^{-1}$, para fase vegetativa, floração e frutificação, respectivamente. Os valores aqui encontrados corroboram com os do autor em parte, tendo em vista que as maiores transpirações ocorreram na fase de floração, porém divergem na fase vegetativa e de frutificação.

Figura 15 – Taxa de transpiração foliar (*E*), de plantas de cajueiro anão cultivadas sob dois diferentes regimes hídricos (A) e em três fases fenológicas distintas (B). Pacajus, 2012-2013



4.5 Teores foliares de carboidratos solúveis totais

Os teores de carboidratos solúveis das folhas diferiram estatisticamente nos meses de junho, setembro e novembro de 2013, para o fator RH, enquanto para o fator NA, foi observada diferença estatística para apenas dois meses: abril e agosto. Não existiu interação entre os dois fatores (Tabelas 17 e 18).

Tabela 17 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio – QM) para os teores de carboidratos solúveis nas folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos quatro primeiros meses de avaliação, sob dois regimes hídricos (RH): irrigado e sequeiro e sem o fator nível de adubação.

		QM		QM		QM		QM
Fonte de Variação	GL	Out/12	GL	Nov/12	GL	Dez/12	GL	Jan/13
Reg. Hídrico (RH)	1	4,24^{ns}	1	45,57^{ns}	1	21,12^{ns}	1	13,34^{ns}
Resíduo	28	44,41	26	49,08	26	12,07	27	11,42
CV (%)		11,97		10,54		9,81		9,21

ns: não significativo, pelo teste F

Tabela 18 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio – QM) para o teor de carboidratos solúveis nas folhas de cajueiro anão precoce ao longo dos meses de avaliação, das plantas sob dois regimes hídricos (RH) e três níveis de adubação (NA).

		QM		QM		QM		QM
Fonte de Variação	GL	Fev/13	GL	Mar/13	GL	Abr/13	GL	Mai/13
Reg. Hídrico (RH)	1	7,88^{ns}	1	6,03^{ns}	1	47,70^{ns}	1	27,18^{ns}
Nível de Adubação (NA)	2	11,43^{ns}	2	28,23^{ns}	2	85,68**	2	2,89^{ns}
RH x NA	2	5,19^{ns}	2	31,76^{ns}	2	8,14^{ns}	2	16,28^{ns}
Resíduo	24	8,99	24	24,96	20	14,15	23	11,49
CV (%)		5,29		10,38		9,07		9,25
F.V	GL	Jun/13	GL	Jul/13	GL	Ago/13	GL	Set/13
RH	1	32,17*	1	3,10^{ns}	1	4,69^{ns}	1	152,9**
NA	2	3,70^{ns}	2	16,60^{ns}	2	20,60*	2	4,13^{ns}
RH x NA	2	1,42^{ns}	2	18,97^{ns}	2	6,29^{ns}	2	31,40^{ns}
Resíduo	18	6,08	12	39,89	20	5,14	18	15,50
CV (%)		13,63		35,08		11,98		13,62
F.V	GL	Out/13	GL	Nov/13	GL	Dez/13		
RH	1	32,03^{ns}	1	222,0*	1	54,67^{ns}		
NA	2	2,17^{ns}	2	28,25^{ns}	2	2,97^{ns}		
RH x NA	2	5,37^{ns}	2	8,01^{ns}	2	49,58^{ns}		
Resíduo	14	21,89	24	38,99	20	16,64		
CV (%)		28,79		15,51		20,21		

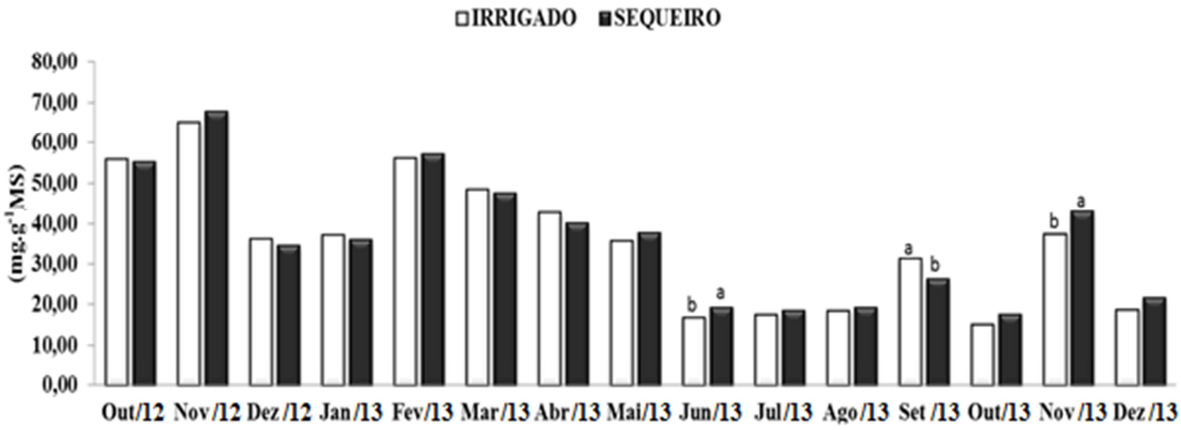
*,**: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente e ns: não significativo, pelo teste F

Comparando as médias dos teores de carboidratos solúveis nas folhas, observa-se que para o fator RH, em alguns meses as plantas sob irrigação superaram as que não foram irrigadas, porém com o inverso ocorrendo em outros (Figura 16). As menores médias foram encontradas nos meses de junho, julho, agosto, outubro e dezembro de 2013 (Figura 16).

De forma geral, constata-se que esta variável apresenta comportamento inverso ao observado na variável de fotossíntese. Ou seja, os meses que apresentaram maiores taxas fotossintéticas foram os meses que exibiram menores teores de carboidratos solúveis nas folhas (Figura 16). Possivelmente, independente de estarem ou não irrigadas, as plantas estavam utilizando grande parte dos carboidratos produzidos nas folhas para suprir a alta demanda de fotoassimilados pelos órgãos drenos (inflorescência, frutos e ductos resiníferos abertos no local de extração de goma).

Nascimento (2010), avaliando os teores de carboidratos solúveis nas folhas de cajueiro anão precoce sob influência de dois regimes hídricos, não encontrou diferença estatística entre os regimes para qualquer mês avaliado no período de um ano. Divergindo em partes dos valores encontrados nesse estudo, pois em três dos meses avaliados foi observada diferença estatística entre os regimes hídricos. Por sua vez, Amorim *et al.* (2011), encontraram valores crescente de carboidratos solúveis de agosto a dezembro, porém não observou diferença estatística entre os sistemas de cultivo, irrigado e sequeiro.

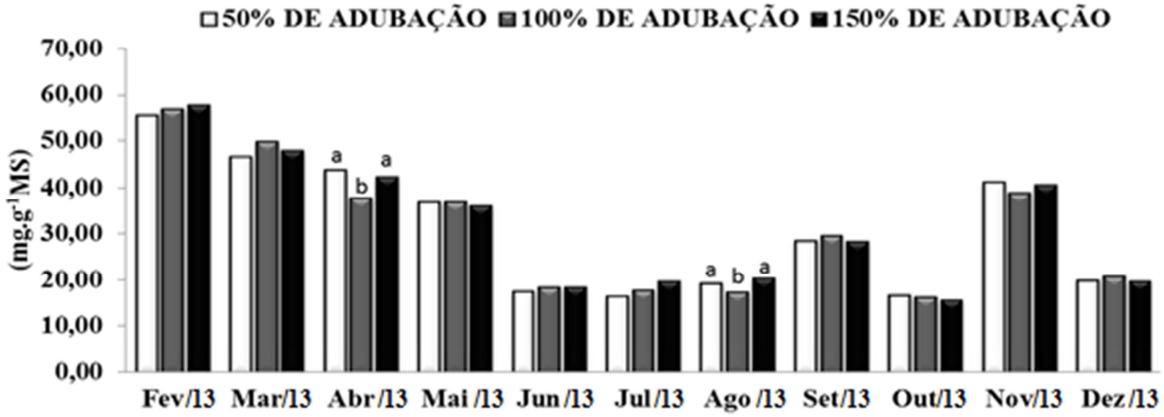
Figura 16 – Teores de carboidratos solúveis nas folhas de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob irrigação e em condições de sequeiro. Pacajus, 2012-2013



Comparando as médias dos teores de carboidratos solúveis nas folhas para o fator NA, nota-se que para os dois meses que apresentaram diferença estatística, o nível de 100% de adubação foi inferior aos demais níveis. Os maiores teores foram encontrados em fevereiro

com 55,54; 56,90 e 57,65 mg.g^{-1}MS para 50, 100 e 150% de adubação, respectivamente (Figura 17).

Figura 17 – Teores de carboidratos solúveis nas folhas de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas com 50%, 100% e 150% da adubação recomendada. Pacajus, 2013



Analisando a variável teores de carboidratos solúveis nas folhas em sistema fatorial entre o regime hídrico e as fases fenológicas da cultura (FF), observa-se diferença estatística apenas para o fator FF (Tabela 19).

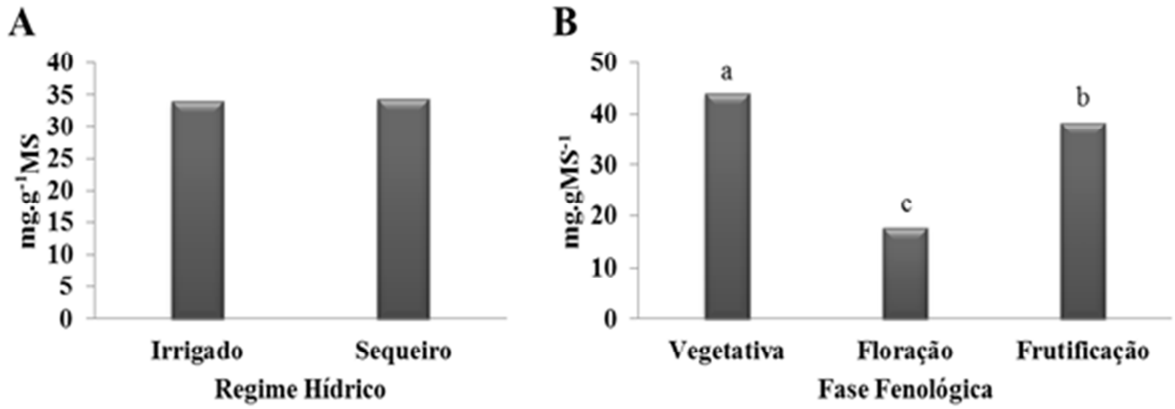
Tabela 19 – Resumo da análise de variância para o teor de carboidratos solúveis nas folhas de cajueiro anão precoce, sob influência de dois fatores: regime hídrico (RH) e fases fenológicas (FF).

		Quadrado Médio
Fonte de Variação	GL	Teor de carboidratos solúveis
Reg. Hídrico (RH)	1	2,91^{ns}
Fases Fenológicas (FF)	2	5107,95**
RH x FF	2	12,17^{ns}
Resíduo	79	5,38
CV		6,77

**: significativo a 1 % de probabilidade e ns: não significativo, pelo teste F

Para ambos os sistemas de cultivo, irrigado ou sequeiro, o teor médio de carboidratos solúveis nas folhas foi de 34 mg.g^{-1}MS. Para as fases fenológicas, nota-se que a fase de floração foi a que apresentou valores mais baixos para os teores de carboidratos solúveis (17,76 mg.g^{-1}MS) e a fase vegetativa foi a que apresentou maiores teores de carboidratos solúveis nas folhas (44,1 mg.g^{-1}MS) (Figura 18).

Figura 18 – Teores foliares de carboidratos solúveis de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob dois regimes hídricos (A) e em três fases fenológicas distintas (B). Pacajus, 2012-2013



Possivelmente os elevados teores de carboidratos encontrados nas folhas de plantas de cajueiro na fase vegetativa possam ser explicados pelo fato dessas folhas serem jovens, ou seja, ao invés de agirem como fontes essas estão agindo como drenos, retendo carboidratos para a sua expansão e desenvolvimento. Em contrapartida, na fase de floração as folhas estão desenvolvidas e translocando todos os carboidratos produzidos para os fortes drenos advindos da inflorescência e frutificação.

4.6 Produção de goma do cajueiro

4.6.1 Produção mensal

A produção mensal de goma de cajueiro, variável esta que compreende o somatório entre as duas produções quinzenais, apresentou, para o fator RH, diferença estatística para os meses de outubro e novembro de 2012 e para os meses de janeiro, abril, junho, agosto, setembro e dezembro de 2013 (Tabelas 20 e 21). Para o fator NA, ocorreu diferença estatística em apenas três meses: abril julho e dezembro de 2013 (Tabela 21). Ocorreu interação entre os fatores RH e NA nos meses de junho, setembro, outubro e dezembro de 2013 (Tabela 21).

Tabela 20 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio – QM) para a produção mensal de goma por planta de cajueiro anão precoce, ao longo dos quatro primeiros meses de avaliação, sob dois regimes hídricos (RH): irrigado e sequeiro e sem o fator nível de adubação.

		QM		QM		QM		QM
Fonte de Variação	GL	Out/12	GL	Nov/12	GL	Dez/12	GL	Jan/13
Reg. Hídrico (RH)	1	8424**	1	1567**	1	186,5^{ns}	1	136,2**
Resíduo	26	203,17	25	128,29	21	69,32	21	12,47
CV (%)		24,67		21,47		28,03		19,89

*,**: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente e ns: não significativo, pelo teste F

Tabela 21 – Resumo da análise de variância (Quadrado Médio – QM) para a produção mensal de goma por planta de cajueiro anão precoce ao longo dos meses, sob dois regimes hídricos (RH) e três níveis de adubação (NA).

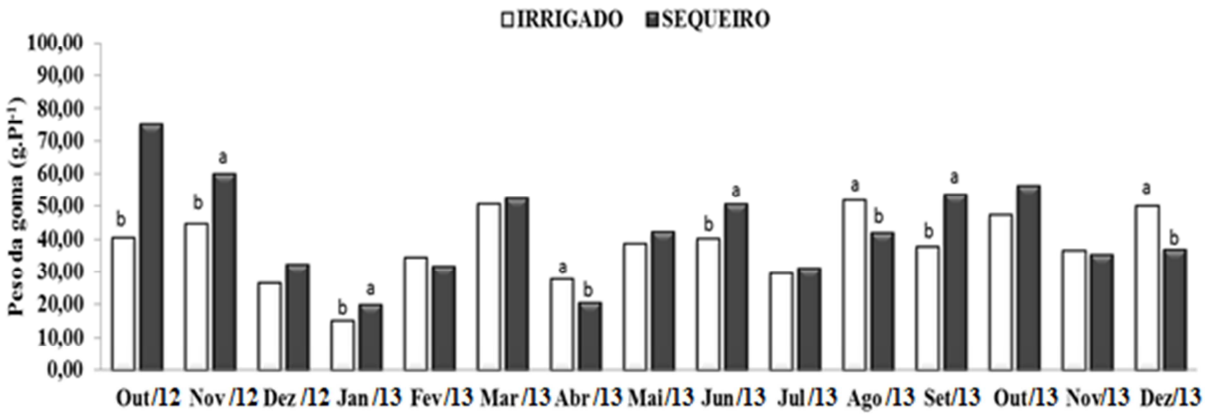
		QM		QM		QM		QM
Fonte de Variação	GL	Fev/13	GL	Mar/13	GL	Abr/13	GL	Mai/13
Reg. Hídrico (RH)	1	48,87^{ns}	1	21,80^{ns}	1	381,0**	1	85,42^{ns}
Nível de Adubação (NA)	2	101,9^{ns}	2	17,34^{ns}	2	118,7*	2	30,94^{ns}
RH x NA	2	156,7^{ns}	2	153,6^{ns}	2	2,27^{ns}	2	1,21^{ns}
Resíduo	24	84,92	20	142,8	23	27,05	19	84,14
CV (%)		27,73		23,11		21,35		22,61
F.V	GL	Jun/13	GL	Jul/13	GL	Ago/13	GL	Set/13
RH	1	743,2**	1	15,81^{ns}	1	533,9*	1	1411**
NA	2	103,3^{ns}	2	213,7**	2	302,0^{ns}	2	61,23^{ns}
RH x NA	2	315,9*	2	56,40^{ns}	2	98,3^{ns}	2	437,4*
Resíduo	21	72,32	22	29,06	16	102,9	17	121,0
CV (%)		18,59		17,60		21,79		24,22
F.V	GL	Out/13	GL	Nov/13	GL	Dez/13		
RH	1	448,1^{ns}	1	7,32^{ns}	1	819**		
NA	2	40,06^{ns}	2	54,01^{ns}	2	1052**		
RH x NA	2	1138**	2	249,0^{ns}	2	559**		
Resíduo	16	149,2	16	82,58	13	51,78		
CV (%)		23,73		25,03		16,63		

*,**: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente e ns: não significativo, pelo teste F

Comparando as médias de produção mensal de goma, dentro do fator RH, as maiores variações entre os dois regimes hídrico (irrigado e sequeiro), ocorreram nos dois primeiros meses de avaliação, com o sequeiro apresentando maior produção de goma (Figura 19). A possível justificativa para essa maior variação decorre do fato da planta ter modificado seu metabolismo em função da irrigação, passando a apresentar maiores fluxos xilemático e floemático, em detrimento ao fluxo nos ductos resiníferos condutores da goma. Em adição,

inicialmente os microaspersores podem ter emitido água sobre os cortes, lavando a goma produzida. Depois de notado o problema, os microaspersores foram reposicionados para a face oposta ao corte, evitando o molhamento dos mesmos.

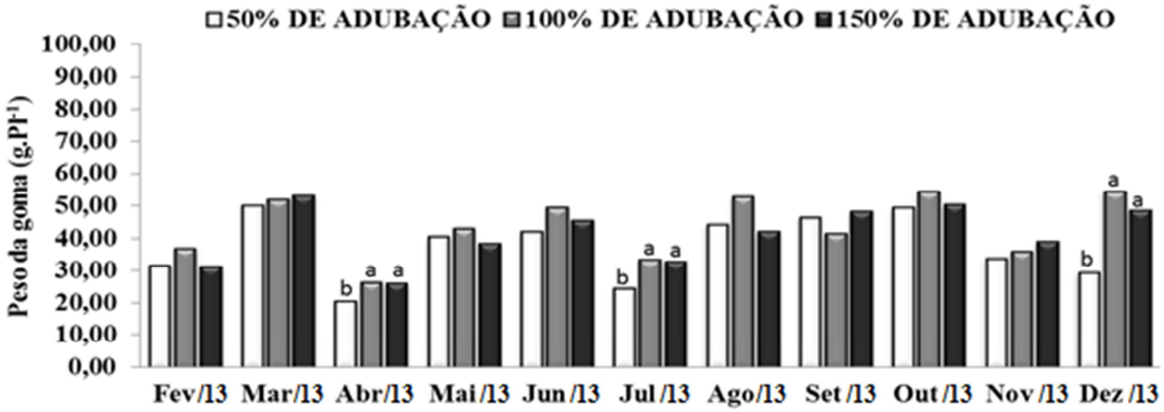
Figura 19 – Produção mensal de goma por planta de cajueiro anão precoce cultivada sob irrigação e em condições de sequeiro. Pacajus, 2012-2013



As maiores precipitações ocorreram em abril (194,1 mm), o que deve ter contribuído para a redução na produção de goma para esse mês (27,87 e 20,61 $g.Pl^{-1}$ para irrigado e sequeiro, respectivamente). A tendência de produção pode ser interpretada da seguinte forma: a produção de goma no primeiro semestre segue uma tendência crescente a cada três meses (janeiro, fevereiro e março e posteriormente abril, maio e junho), independente do regime hídrico aplicado. No segundo semestre, os cultivos irrigado e sequeiro diferenciaram o comportamento. No cultivo irrigado as plantas tenderam a alternar a produção entre os meses, ou seja, em um mês produziu mais e no seguinte produziu menos (este comportamento foi evidenciado entre as produções quinzenais, de forma que quando a planta produziu a goma em maior quantidade em uma das quinzenas, na quinzena seguinte a produção era menor), enquanto no cultivo em sequeiro a tendência foi de uma parábola com a concavidade para baixo e produção máxima em setembro e outubro (aproximadamente 53 e 56 $g.Pl^{-1}$, respectivamente) (Figura 19).

Analisando a produção mensal de goma dentro do fator NA, nota-se que para os meses em que ocorreu diferenciação estatística, o nível de 50% de adubação apresentou menores produções quando comparado aos demais níveis (Figura 20).

Figura 20 – Produção mensal de goma de cajueiro por planta de cajueiro anão precoce cultivada com 50%, 100% e 150% da adubação recomendada. Pacajus, 2013



A interação entre os fatores RH e NA foi observada após quatro meses da aplicação dos nutrientes e nos meses que apresentaram maiores médias de produção. No mês de dezembro de 2013, as plantas irrigadas apresentaram maiores médias de produção no nível de 150% de adubação. No cultivo em sequeiro, também só houve diferença entre os níveis de adubação em dezembro, com destaque de produção para o nível de 100% de adubação (Tabela 22).

Com relação ao regime hídrico, com 50% de adubação as plantas de sequeiro sempre produziram mais goma, enquanto nos níveis de 100 e 150% de adubação não houve diferença entre os regimes hídricos, com exceção do mês de dezembro em que no nível de 150% de adubação as plantas mantidas irrigadas produziram mais goma (Tabela 22).

Tabela 22 – Desdobramento da interação entre os fatores regime hídrico (RH) e níveis de adubação (NA), das médias de produção de goma para os meses de junho, setembro, outubro e dezembro de 2013.

	Produção mensal de goma para o mês de junho de 2013 (g.Pl^{-1})		
	Níveis de adubação (NA)		
Regimes Hídricos (RH)	50%	100%	150%
Irrigado	32,66 b A	40,05 a A	46,65 a A
Sequeiro	51,17 a A	57,01 a A	44,32 a A
	para o mês de setembro de 2013 (g.Pl^{-1})		
	Níveis de adubação (NA)		
Regimes Hídricos (RH)	50%	100%	150%
Irrigado	32,28 b A	42,69 a A	37,84 a A
Sequeiro	59,50 a A	39,55 a A	58,30 a A
	para o mês de outubro de 2013 (g.Pl^{-1})		
	Níveis de adubação (NA)		
Regimes Hídricos (RH)	50%	100%	150%
Irrigado	32,63 b A	56,26 a A	53,16 a A
Sequeiro	71,54 a A	52,42 a A	46,60 a A
	para o mês de dezembro de 2013 (g.Pl^{-1})		
	Níveis de adubação (NA)		
Regimes Hídricos (RH)	50%	100%	150%
Irrigado	28,16 a B	57,03 a A	65,39 a A
Sequeiro	30,12 a B	51,77 a A	31,53 b B

Médias seguidas da mesma letra minúscula na mesma coluna e médias seguidas da mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,5)

Analisando a produção de goma tendo como fatores o regime hídrico e as fases fenológicas da cultura (FF), foi observado que tanto para o fator RH quanto para a interação entre os fatores não houve diferenças estatística. Por sua vez, o fator FF, apresentou diferença estatística ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 23).

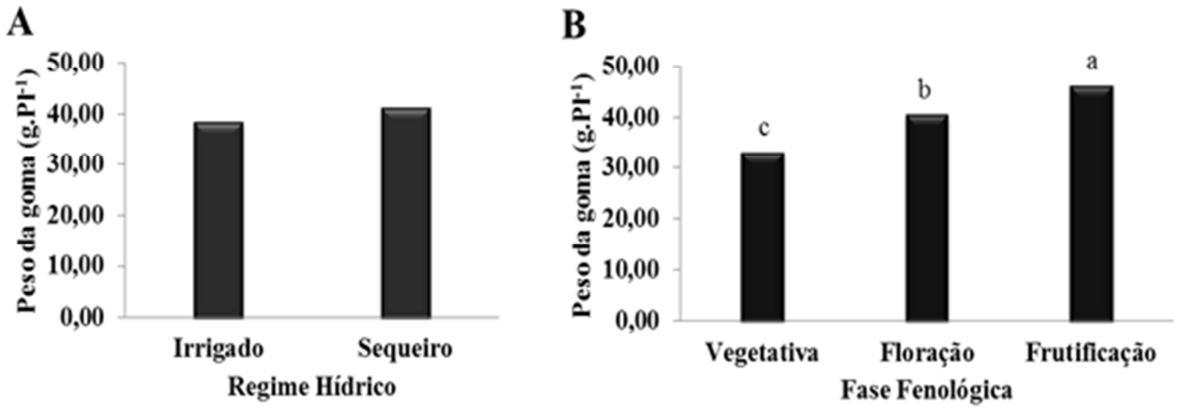
Tabela 23 – Resumo da análise de variância para a produção mensal de goma por planta de cajueiro anão precoce, sob influência de dois fatores: regime hídrico (RH) e fases fenológicas (FF).

		Quadrado Médio
Fonte de Variação	GL	Produção mensal de goma
Reg. Hídrico (RH)	1	175,78^{ns}
Fases Fenológicas (FF)	2	1190**
RH x FF	2	141,28^{ns}
Resíduo	84	50,58
CV (%)		17,90

**: significativo a 1 % de probabilidade e ns: não significativo, pelo teste F

Na Figura 21A pode ser observado que independente do regime hídrico empregado, os valores de produção de goma mensal por planta foram aproximadamente iguais. A maior produção de goma foi observada na fase de frutificação, seguida da fase de floração e vegetativa (Figura 21B). Como a fase de frutificação, juntamente com a fase de floração compreendem o período de clima mais seco (de junho a dezembro), possivelmente a maior produção seja por influência do fator clima. Já a fase vegetativa compreende ao período chuvoso, fato que possivelmente limite a produção de goma pelas plantas.

Figura 21 – Produção mensal de goma por planta de cajueiro anão precoce cultivados sob dois regimes hídricos e em três fases fenológicas distintas. Pacajus, 2012-2013.



Geralmente a exsudação é uma substância translúcida e amorfa, frequentemente produzida pelas plantas superiores quando são sujeitas a condições de seca ou como proteção depois de uma agressão, para evitar a desidratação (BUCKERIDGE *et al.*, 2000), daí possivelmente explique essa maior produção no período mais seco encontrada nesse estudo. Além disso, no período de frutificação a planta apresenta forte dreno para a produção de frutos, o que pode ter acelerado o fluxo de resina nos ductos resiníferos.

4.6.2 Produção anual

A análise da produção anual de goma de cajueiro por planta mostrou não haver diferença estatística significativa para os dois fatores: regime hídrico (RH) e nível de adubação (NA), como também para a interação entre esses dois fatores (Tabela 24).

Tabela 24 – Resumo da análise de variância para a produção anual de goma por planta de cajueiro anão precoce, sob dois regimes hídricos (RH) e três níveis de adubação (NA).

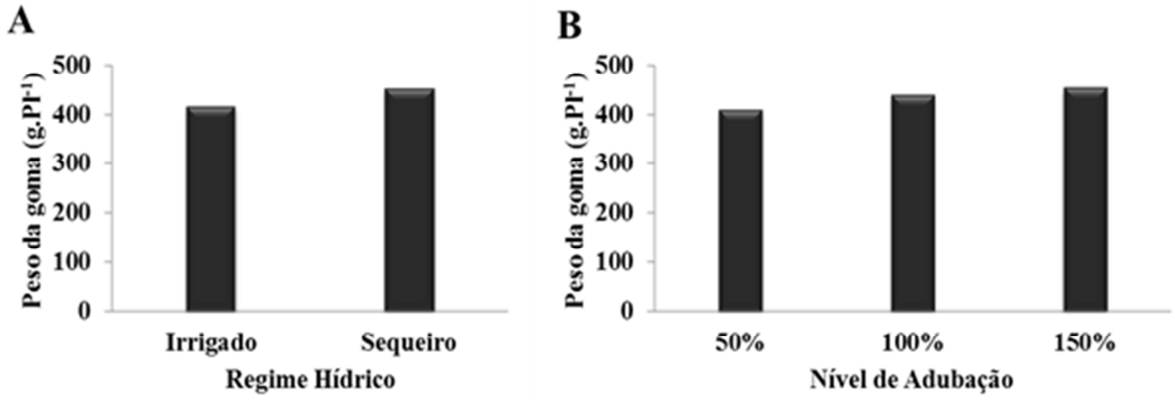
		Quadrado Médio
Fonte de Variação	GL	Produção anual de goma
Reg. Hídrico (RH)	1	$7755,5^{ns}$
Nível de Adubação (NA)	2	$4283,9^{ns}$
RH x NA	2	$20217,1^{ns}$
Resíduo	21	5787,5
CV (%)		17,47

ns: não significativo, pelo teste F

Como não houve interação entre os fatores, a comparação dos valores médios de produção de goma, dentro do fator regime hídrico (RH), possibilitou observar que as plantas quando cultivadas sem aplicação de água via irrigação apresentaram média de 453 $g.Pl^{-1}$, enquanto no cultivo irrigado a produção foi de 417 $g.Pl^{-1}$ (Figura 22A), porém sem diferença estatística. Fazendo o cálculo de produção por hectare (204 plantas) obtemos 92,4 kg de goma de cajueiro no cultivo em sequeiro e 85,1 kg de goma de cajueiro no cultivo irrigado.

Na análise do fator níveis de adubação (NA), percebe-se uma tendência de aumento de produção de goma à medida que se aumenta as dosagens de nutrientes. As plantas cultivadas com menor dosagem (50% do adubo recomendado, segundo análise de solos) foram as que apresentaram médias mais baixas de produção (410 $g.Pl^{-1}$) quando comparadas aos cultivos com aplicação da dosagem recomendada (100% da adubação) e maior dosagem (150% da adubação). As médias obtidas para os níveis de 100% e 150% da adubação foram 441 $g.Pl^{-1}$ e 455 $g.Pl^{-1}$, respectivamente (Figura 22B). A produção em hectares para os níveis de 50%, 100% e 150% de adubação foi de 83,6, 89,9 e 92,8 kg de goma de cajueiro, respectivamente.

Figura 22 – Produção anual de goma de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob dois regimes hídricos (A) e três níveis de adubação (B). Pacajus, 2012-2013



4.7 Produção de castanha e de pedúnculo e teores de sólidos solúveis do pedúnculo

De forma semelhante à produção de goma, a produção de castanha (PC) e a produção de pedúnculo (PP) não apresentaram diferenças estatísticas significativas para os dois fatores: regimes hídricos (RH) e níveis de adubação (NA) e suas interações (Tabela 25). Para a variável teores de sólidos solúveis do pedúnculo (SSP), foi observada diferença estatística apenas para o fator RH, não sendo evidenciada essa diferença para o fator NA e para a interação entre os dois fatores citados (Tabela 25).

Tabela 25 – Resumo da análise de variância (Quadrado médio – QM) para produção de castanha (PC), produção de pedúnculo (PP) e teores de sólidos solúveis do pedúnculo (SSP) para a safra 2013/2014, sob influência de dois regimes hídricos (RH) e três níveis de adubação (NA)

		QM		QM		QM
Fator de Variação	GL	PC	GL	PP	GL	SSP
Regime Hídrico (RH)	1	$2,67^{ns}$	1	$79,63^{ns}$	1	$8,11^{**}$
Nível de Adubação (NA)	2	$0,93^{ns}$	2	$175,95^{ns}$	2	$1,59^{ns}$
RH x NA	2	$5,75^{ns}$	2	$960,08^{ns}$	2	$1,49^{ns}$
Resíduo	12	5,38	12	674,90	24	1,02
CV (%)		43,60		43,49		7,74

**: significativo a 1 % de probabilidade e ns: não significativo, pelo teste F

As médias de produção de castanha e de pedúnculo, para o fator RH, foram aproximadas: no cultivo irrigado a produção de castanha (PC) foi 4,94 $kg.Pl^{-1}$ e de pedúnculo (PP) 57,62 $kg.Pl^{-1}$, no cultivo em sequeiro a PC foi 5,71 $kg.Pl^{-1}$ e PP 61,83 $kg.Pl^{-1}$ (Figura 23A). Para o fator NA, foi constatado proximidade dos valores de produção. A produção de castanha foi de 5,02 $kg.Pl^{-1}$; 5,77 $kg.Pl^{-1}$e 5,19 $kg.Pl^{-1}$ para 50, 100 e 150% da adubação recomendada, respectivamente e a produção de pedúnculo foi de 54,44 $kg.Pl^{-1}$; 65,26 $kg.Pl^{-1}$ e 59,47 $kg.Pl^{-1}$ para 50, 100 e 150% da adubação recomendada, respectivamente (Figura 23B).

Corroborando com os resultados aqui apresentados relativos à produção de castanha e de pedúnculo, Nascimento (2010), não observou diferença na produção entre os sistemas de cultivo, para ambos os parâmetros. O autor encontrou valores de produção de castanha de 2,73 e 3,41 $kg.Pl^{-1}$ e de produção de pedúnculo de 54,5 $kg.Pl^{-1}$ e 72 $kg.Pl^{-1}$ para o cultivo em sequeiro e irrigado, respectivamente.

Amorim *et al.* (2011) confirmaram a não diferença de produção de castanha entre os sistemas de cultivo, encontrando valores de ordem de 3 e 3,3 $kg.Pl^{-1}$ para sequeiro e irrigado, respectivamente.

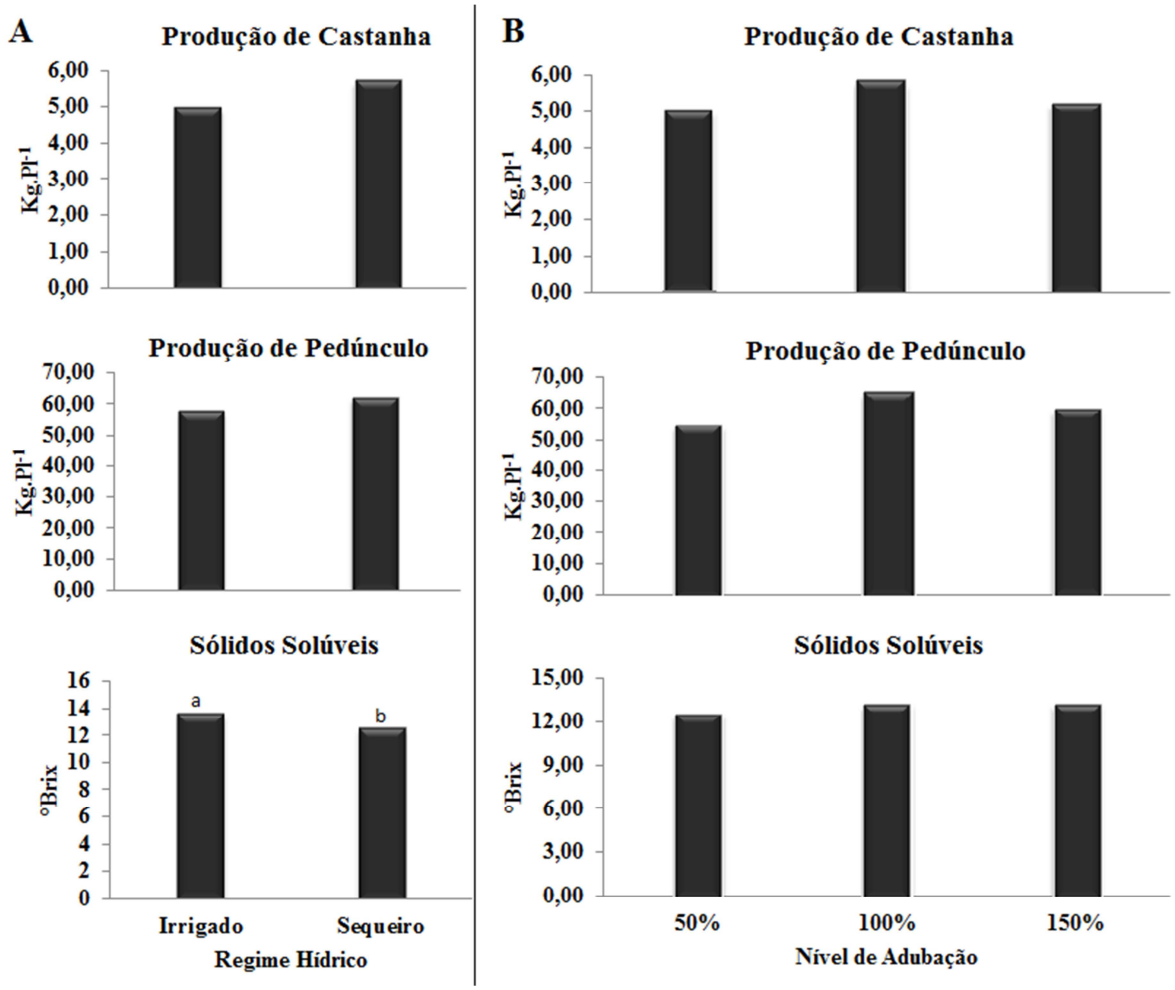
Oliveira (2002) encontrou valores divergentes do apresentado nesse estudo, indicando que a irrigação de plantas de cajueiro anão precoce aumenta a produtividade. Bezerra e Miranda (1998) observaram que as plantas de cajueiro anão precoce (CCP-76), quando irrigadas de forma adequada durante o ano todo, anteciparam o início da produção de frutos (iniciando em maio).

Shaper *et al.* (1996), avaliando a produtividade de cajueiro no norte da Austrália, encontrou um incremento em torno de 20% na produção de castanha quando comparou o sistema de cultivo irrigado com sequeiro. Deve-se ressaltar que no presente experimento as plantas só começaram a ser irrigadas com um ano de antecedência da colheita, o que pode explicar a não diferenciação de produção entre os tratamentos.

Na variável de sólidos solúveis do pedúnculo (SSP), os valores encontrados em °Brix para o cultivo irrigado foram superiores ao do cultivo em sequeiro, 13,54 e 12,5 °Brix, respectivamente (Figura 23A). Em relação aos diferentes níveis de adubação, os valores foram aproximados, sendo eles 12,56; 13,27 e 13,24 °Brix para 50%, 100% e 150% da adubação recomendada, respectivamente (Figura 23B).

Nascimento (2010), avaliando os sólidos solúveis do fruto, não encontrou diferença estatística entre os sistemas de cultivo, informação que diverge da apresentada neste estudo. Porém deve ser ressaltado que os valores encontrados pelo autor foram 14,10 e 12,8 °Brix, portanto uma diferença considerável que não foi significativa possivelmente pelo alto valor do coeficiente de variação.

Figura 23 – Produção de castanha, produção de pedúnculo e teores de sólidos solúveis do pedúnculo para a safra 2013/2014 de cajueiro anão precoce, cultivado sob influência de dois regimes hídricos (A) e três níveis de adubação (B). Pacajus, 2013-2014



A análise de variância apresenta diferença estatística entre os tratamentos apenas para a variável de teores de sólidos solúveis de pedúnculo, não sendo observada diferença para produção de castanha e nem para produção de pedúnculo (Tabela 26).

Tabela 26 – Resumo da análise de variância para produção de castanha (PC), produção de pedúnculo (PP) e sólidos solúveis do pedúnculo (SSP) para a safra 2013/2014 de cajueiro anão precoce, sob sete tratamentos independentes (tratamentos dos fatores RH e NA e uma testemunha).

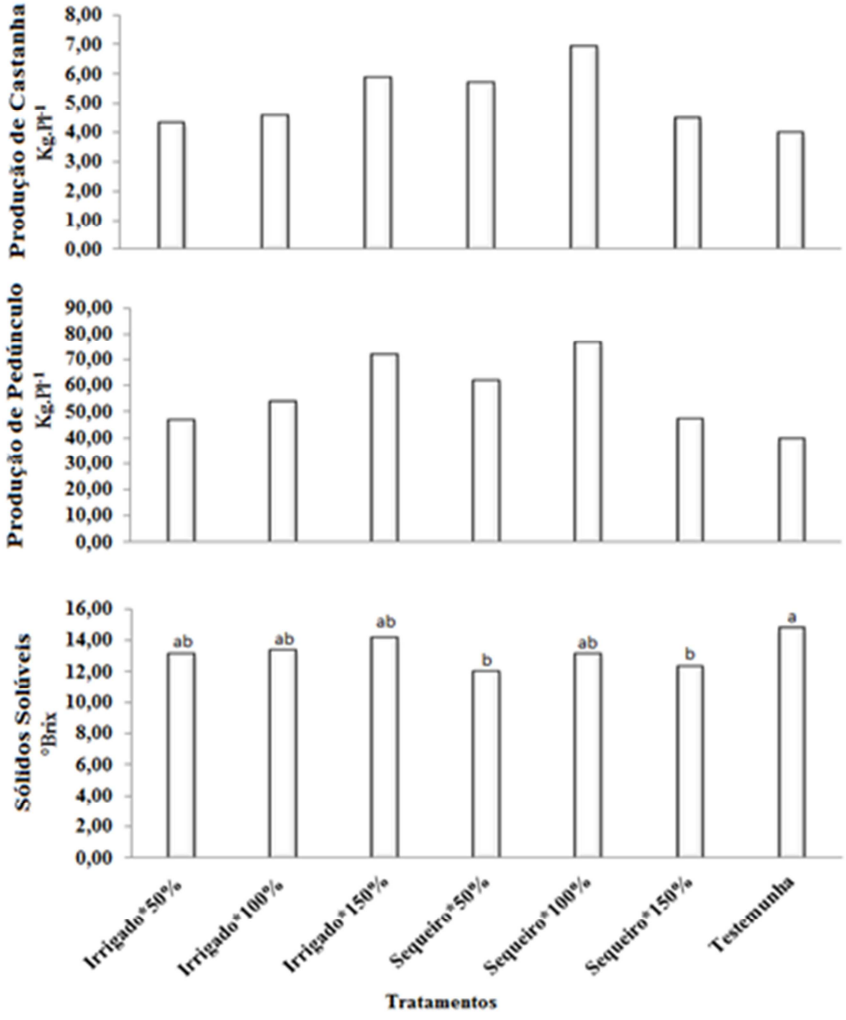
		QM		QM		QM
Fator de Variação	GL	PC	GL	PP	GL	SS
Tratamentos	6	3,44^{ns}	6	565,3^{ns}	6	4,49**
Resíduo	14	4,73	14	590,2	28	1,21
CV (%)		42,41		42,73		8,30

**: significativo a 1 % de probabilidade e ns: não significativo, pelo teste F

Mesmo não deferindo estatisticamente, houve uma tendência da testemunha (plantas que não foram cortadas para extração da goma) apresentar menores médias de produção (Figura 24), possivelmente devido à aplicação do estimulante (Ethrel) ter gerado impactos na produção, tendo em vista que na sua composição há presença de fósforo, que é altamente representativo na produção de frutos.

Analisando a variável de sólidos solúveis do pedúnculo, inversamente à produção, a testemunha despontou com o maior °Brix (14,74). Os dois tratamentos que apresentaram menores médias para essa variável foram os que não receberam irrigação com 50 ou 150% de adubação (Sequeiro*50% e Sequeiro*150%) (Figura 24). As plantas quando irrigadas e no mais alto nível de adubação (Irrigado*150%), apresentaram valores satisfatório de sólidos solúveis (14,02), possivelmente resultado das ótimas condições nutricionais e hídricas.

Figura 24 – Produção de castanha, de pedúnculo e teores de sólidos solúveis do pedúnculo para a safra 2013/2014 de plantas de cajueiro anão precoce cultivadas sob sete tratamentos independentes (interação entre os fatores e uma testemunha, sem corte). Pacajus, 2013-2014



4.8 Análise econômica

4.8.1 *Custo de produção da goma, castanha e pedúnculo*

A quantidade de adubo utilizado (em $kg.ano^{-1}.ha^{-1}$) para os tratamentos com diferentes níveis de adubação estão descritos na tabela 27.

O valor total do investimento de R$ 3585,00 para implantação de um sistema de irrigação para um hectare ficou dividido em cinco parcelas: 1ª parcela igual a R$ 862,17, 2ª parcela igual a R$ 830,20, 3ª parcela igual a R$ 798,21, 4ª parcela igual a R$ 766,40 e a 5ª parcela igual a R$ 734,25. Dessa forma, o valor considerado para o custo dos tratamentos irrigados foi a parcela paga no primeiro ano: R$ 862,17 (Tabela 28).

Tabela 27 – Quantidade de adubos utilizados ($kg.ano^{-1}.ha^{-1}$) no plantio do cajueiro anão precoce, para os diferentes níveis de adubação utilizados (50, 100 e 150 % da adubação recomendada).

	Nível de adubação em relação ao recomendado		
Adubo	50%	100%	150%
Ureia	75	150	225
Superfosfato simples	374	374	374
Cloreto de Potássio	33	66	99
FTE BR-12	22	22	22
Calcário Dolomítico	1500	1500	1500

A quantidade de água aplicada para o período de janeiro a dezembro foi de 1155,64 m^3, pois a vazão máxima do sistema para a área foi de 2,07 $m^3.h^{-1}$, tendo o sistema motobomba trabalhado 558,28 horas, para suprir a necessidade hídrica de 56 plantas (0,27 ha). Estipulando o valor para uma área de 1 hectare, a quantidade utilizada de água seria de 5764,5 m^3. Assim, utilizando a vazão máxima do sistema para um hectare, obtemos 7,55 $m^3.h^{-1}$, logo o sistema motobomba funcionará 763,5 horas para suprir a necessidade hídrica de um hectare de cajueiro anão precoce por um período de um ano. Como a bomba utilizada para abastecer a área correspondia a uma potência de 2 c.v (potencia equivalente de 1,471 kW), o produto dessa potência pelas horas de funcionamento do sistema estipula o consumo energético de 1123,11 kWh. Como o preço do kWh fornecido pela COELCE (Companhia energética do Ceará) para o tipo de serviço A4-13,8kV-Rural Irrigante Agricultura (tarifa

convencional) é de R$ 0,14828, o valor total gasto com energia foi de R$ 166,53 (Tabelas 28 e 29).

A coleta do solo para análise em laboratório contou com a mão-de-obra de um operário de campo, consumindo um dia de trabalho. Para aplicação do adubo de forma manual foi utilizado um dia de trabalho de um operário de campo. Devido o fracionamento do composto mineral em três parcelas, a quantidade necessária para adubar um hectare seria de três dias de trabalho com três operários. Deve ser ressaltado que a formulação do adubo foi inclusa nas diárias citadas e que o material foi formulado próximo ao local de aplicação. A abertura inicial dos cortes para extração da goma foi realizado por um operário de campo, trabalhando um dia completo. Após quinze dias da primeira lesão nas plantas, foi iniciada a coleta do material, em que dois operários de campo coletaram, reavivaram os cortes e aplicaram o estimulante durante dois dias em 204 painéis de extração (1 ha). No período chuvoso foi adicionada, na diária de trabalho, a instalação dos plásticos de alta densidade para proteção dos cortes. Ao longo do ano foram realizadas 24 coletas, contabilizando 96 diárias (Tabelas 28 e 29).

Tabela 28 – Custo de produção detalhado para produzir a goma, castanha e pedúnculo de plantas de cajueiro anão precoce em cultivo irrigado com aplicação de três diferentes níveis de adubação (50% de adubação, 100% de adubação e 150% de adubação) no primeiro ano de extração, utilizando sistema semimecanizado.

Sistema de cultivo irrigado											
CUSTOS VARIÁVEIS	**Unidade**	**Valor Unitário (R$)**	**Quantidade**			**Valor Total (R$)**			**Custo (%)**		
			50%	**100%**	**150%**	**50%**	**100%**	**150%**	**50%**	**100%**	**150%**
Materiais e Insumos											
Calcário Dolomítico	saca	9,50	38	38	38	361,00	361,00	361,00	2,52	2,41	2,16
Ureia	saca	43,00	3	6	9	129,00	258,00	387,00	0,90	1,72	2,32
Superfosfato Simples	saca	30,00	15	15	15	450,00	450,00	450,00	3,14	3,01	2,70
Cloreto de Potássio	saca	38,90	2	3	4	77,80	116,70	155,60	0,54	0,78	0,93
FTE BR-12	saca	86,00	1	1	1	86,00	86,00	86,00	0,60	0,57	0,52
Ethrel (ETEFON 240 g)*	litro	105,00	15	15	15	1575,00	1575,00	1575,00	11,00	10,52	9,43
Herbicida Glifosato 480	litro	10,90	1	1	1	10,90	10,90	10,90	0,08	0,07	0,07
Herbicida Gramoxone 200	litro	16,90	1	1	1	16,90	16,90	16,90	0,12	0,11	0,10
Herbicida Primestra Gold	litro	13,90	1	1	1	13,90	13,90	13,90	0,10	0,09	0,08
Sacos plásticos 15x35 cm*	mil	22,80	5	5	5	114,00	114,00	114,00	0,80	0,76	0,68
Plásticos alta densidade 50x80 cm*	unidade	0,40	224	224	224	89,60	89,60	89,60	0,63	0,60	0,54
EPI - Botas de borracha*	unidade	25,00	2	2	2	50,00	50,00	50,00	0,35	0,33	0,30
EPI - Capa de chuva*	unidade	20,50	2	2	2	41,00	41,00	41,00	0,29	0,27	0,25
EPI - Luvas de raspa*	unidade	6,80	2	2	2	13,60	13,60	13,60	0,09	0,09	0,08
EPI - Óculos*	unidade	3,90	2	2	2	7,80	7,80	7,80	0,05	0,05	0,05
Energia para irrigação*	KWh	0,15	1123	1123	1123	166,53	166,53	166,53	1,16	1,11	1,00
Serviços											
Coleta de goma, reabertura dos cortes, aplicação do estimulante e instalação de plásticos de proteção ao corte*	diária	30,00	96	96	96	2880,00	2880,00	2880,00	20,11	19,24	17,25
Controle de plantas daninhas:											

Aplicação de Herbicida	diária	30,00	3	3	3	90,00	90,00	90,00	0,63	0,60	0,54
Passagem com Roçadeira	h/maq	100,00	10	10	10	1000,00	1000,00	1000,00	6,98	6,68	5,99
Passagem com Enx. Rotativa	h/maq	100,00	6	6	6	600,00	600,00	600,00	4,19	4,01	3,59
Coleta de castanha	diária	30,00	16	16	20	480,00	480,00	600,00	3,35	3,21	3,59
Coleta de pedúnculo	diária	30,00	128	144	192	3840,00	4320,00	5760,00	26,82	28,87	34,50
Total de Custos Variáveis						**12093,03**	**12740,93**	**14468,83**	**84,46**	**85,13**	**86,67**
CUSTOS FIXOS											
Materiais e Insumos											
Cutelo 6"*	unidade	23,31	1	1	1	23,31	23,31	23,31	0,16	0,16	0,14
Formão 3/4"*	unidade	8,01	1	1	1	8,01	8,01	8,01	0,06	0,05	0,05
Martelo 25cm*	unidade	19,79	1	1	1	19,79	19,79	19,79	0,14	0,13	0,12
Pincel de aplicação 2"*	unidade	13,90	1	1	1	13,90	13,90	13,90	0,10	0,09	0,08
Pregos*	kg	7,50	1	1	1	7,50	7,50	7,50	0,05	0,05	0,04
Serviços											
Análise de solos	unidade	60,00	1	1	1	60,00	60,00	60,00	0,42	0,40	0,36
Coleta do solo	diária	30,00	1	1	1	30,00	30,00	30,00	0,21	0,20	0,18
Aplicação do calcário	h/maq	100,00	4	4	4	400,00	400,00	400,00	2,79	2,67	2,40
Incorporação do calcário	h/maq	100,00	2	2	2	200,00	200,00	200,00	1,40	1,34	1,20
Aplicação do adubo	diária	30,00	9	9	9	270,00	270,00	270,00	1,89	1,80	1,62
Incorporação do adubo	h/maq	100,00	3	3	3	300,00	300,00	300,00	2,10	2,00	1,80
Primeira abertura dos corte para extração da goma*	diária	30,00	1	1	1	30,00	30,00	30,00	0,21	0,20	0,18
Sistema de irrigação por microaspersão	unidade	862,17	1	1	1	862,17	862,17	862,17	6,02	5,76	5,16
Total de Custos Fixos						**2224,68**	**2224,68**	**2224,68**	**15,54**	**14,87**	**13,33**
CUSTOS TOTAIS						**14317,71**	**14965,61**	**16693,51**	**100,00**	**100,00**	**100,00**
CUSTOS DE PRODUÇÃO DA GOMA						**5040,04**	**5040,04**	**5207,94**			
Produção anual da goma						68,07	92,02	95,07			
Custo unitário da goma						74,04	54,77	54,78			

* Custos referentes aos insumos e serviços para produzir a goma

Tabela 29 – Custo de produção detalhado para produzir a goma, castanha e pedúnculo de plantas de cajueiro anão precoce em cultivo de sequeiro com aplicação de três diferentes níveis de adubação (50% de adubação, 100% de adubação e 150% de adubação) no primeiro ano de extração, utilizando sistema semimecanizado.

Sistema de cultivo em sequeiro											
CUSTOS VARIÁVEIS	**Unidade**	**Valor Unitário (R$)**	**Quantidade**			**Valor Total (R$)**			**Custo (%)**		
			50%	**100%**	**150%**	**50%**	**100%**	**150%**	**50%**	**100%**	**150%**
Materiais e Insumos											
Calcário Dolomítico	saca	9,50	38	38	38	361,00	361,00	361,00	2,52	2,32	2,76
Ureia	saca	43,00	3	6	9	129,00	258,00	387,00	0,90	1,66	2,96
Superfosfato Simples	saca	30,00	15	15	15	450,00	450,00	450,00	3,15	2,89	3,44
Cloreto de Potássio	saca	38,90	2	3	4	77,80	116,70	155,60	0,54	0,75	1,19
FTE BR-12	saca	86,00	1	1	1	86,00	86,00	86,00	0,60	0,55	0,66
Ethrel (ETEFON 240 g)*	litro	105,00	15	15	15	1575,00	1575,00	1575,00	11,01	10,13	12,04
Herbicida Glifosato 480	litro	10,90	1	1	1	10,90	10,90	10,90	0,08	0,07	0,08
Herbicida Gramoxone 200	litro	16,90	1	1	1	16,90	16,90	16,90	0,12	0,11	0,13
Herbicida Primestra Gold	litro	13,90	1	1	1	13,90	13,90	13,90	0,10	0,09	0,11
Sacos plásticos 15x35 cm*	mil	22,80	5	5	5	114,00	114,00	114,00	0,80	0,73	0,87
Plásticos alta densidade 50x80 cm*	unidade	0,40	224	224	224	89,60	89,60	89,60	0,63	0,58	0,69
EPI - Botas de borracha*	unidade	25,00	2	2	2	50,00	50,00	50,00	0,35	0,32	0,38
EPI - Capa de chuva*	unidade	20,50	2	2	2	41,00	41,00	41,00	0,29	0,26	0,31
EPI - Luvas de raspa*	unidade	6,80	2	2	2	13,60	13,60	13,60	0,10	0,09	0,10
EPI - Óculos*	unidade	3,90	2	2	2	7,80	7,80	7,80	0,05	0,05	0,06
Serviços											
Coleta de goma, reabertura dos cortes, aplicação do estimulante e instalação de plásticos de proteção ao corte*	diária	30,00	96	96	96	2880,00	2880,00	2880,00	20,13	18,52	22,02
Controle de plantas daninhas:											
Aplicação de Herbicida	diária	30,00	1,5	1,5	1,5	45,00	45,00	45,00	0,31	0,29	0,34

Passagem com Roçadeira	h/maq	100,00	8	8	8	800,00	800,00	800,00	5,59	5,14	6,12
Passagem com Enx. Rotativa	h/maq	100,00	3	3	3	300,00	300,00	300,00	2,10	1,93	2,29
Coleta de castanha	diária	30,00	20	24	16	600,00	720,00	480,00	4,19	4,63	3,67
Coleta de pedúnculo	diária	30,00	176	208	128	5280,00	6240,00	3840,00	36,91	40,12	29,36
Total de Custos Variáveis						**12941,50**	**14189,40**	**11717,30**	**90,47**	**91,24**	**89,58**
CUSTOS FIXOS											
Materiais e Insumos											
Cutelo 6"*	unidade	23,31	1	1	1	23,31	23,31	23,31	0,16	0,15	0,18
Formão 3/4"*	unidade	8,01	1	1	1	8,01	8,01	8,01	0,06	0,05	0,06
Martelo 25cm*	unidade	19,79	1	1	1	19,79	19,79	19,79	0,14	0,13	0,15
Pincel de aplicação 2"*	unidade	13,90	1	1	1	13,90	13,90	13,90	0,10	0,09	0,11
Pregos*	kg	7,50	1	1	1	7,50	7,50	7,50	0,05	0,05	0,06
Serviços											
Análise de solos	unidade	60,00	1	1	1	60,00	60,00	60,00	0,42	0,39	0,46
Coleta do solo	diária	30,00	1	1	1	30,00	30,00	30,00	0,21	0,19	0,23
Aplicação do calcário	h/maq	100,00	4	4	4	400,00	400,00	400,00	2,80	2,57	3,06
Incorporação do calcário	h/maq	100,00	2	2	2	200,00	200,00	200,00	1,40	1,29	1,53
Aplicação do adubo	diária	30,00	9	9	9	270,00	270,00	270,00	1,89	1,74	2,06
Incorporação do adubo	h/maq	100,00	3	3	3	300,00	300,00	300,00	2,10	1,93	2,29
Primeira abertura dos corte para extração da goma*	diária	30,00	1	1	1	30,00	30,00	30,00	0,21	0,19	0,23
Total de Custos Fixos						**1362,51**	**1362,51**	**1362,51**	**9,53**	**8,76**	**10,42**
CUSTOS TOTAIS						**14304,01**	**15551,91**	**13079,81**	**100,00**	**100,00**	**100,00**
CUSTOS DE PRODUÇÃO DA GOMA						**4873,51**	**4873,51**	**5041,41**			
Produção anual da goma						99,09	87,83	90,53			
Custo unitário da goma						49,18	55,49	55,69			

* Custos referentes aos insumos e serviços para produzir a goma

Segundo coeficientes técnicos, para o cultivo do cajueiro, elaborados pela EMBRAPA, um operário de campo coleta cerca de 60 kg de castanha por dia de trabalho. Levando em consideração que no ano foram realizadas em torno de quatro coletas, para coletar os 883,93 kg de castanha no cultivo irrigado com 50% de adubação, seriam necessários quatro operários por coleta (883,93 kg dividido por 4 coletas é aproximadamente 221 kg por coleta. Como um operário coleta 60 kg, logo para coletar os 221 kg seriam necessários quatro operários), totalizando um custo de 16 diárias. Adotando o mesmo raciocínio para os demais tratamentos, o gasto em diárias para o cultivo irrigado com 100% de adubação e para sequeiro com 150% de adubação também seria de 16 diárias, para o cultivo irrigado com 150% de adubação e para o sequeiro com 50% de adubação seriam 20 diárias. Como o tratamento em sequeiro com 100% de adubação produziu mais, o gasto com coleta da castanha seria de 24 diárias (Tabelas 28 e 29).

Segundo coeficientes técnicos, para o cultivo do cajueiro, elaborados pela EMBRAPA, um operário de campo coleta certa de 75 kg de pedúnculo por dia de trabalho. Levando em consideração que no ano foram realizadas em torno de 16 coletas, para coletar os 9576,60 kg de pedúnculo no cultivo irrigado com 50% de adubação seriam necessários oito operários por coleta (mesmo raciocínio adotado na produção de castanha), totalizando um custo de 128 diárias. Adotando o mesmo raciocínio para os demais tratamentos, o gasto em diárias para o cultivo irrigado com 100% de adubação seria de 144 diárias, para o cultivo irrigado com 150% de adubação seriam 192 diárias, para sequeiro com 50% de adubação seriam 176 diárias, para o sequeiro com 100% de adubação seriam 208 diárias e para sequeiro com 150% de adubação seriam 128 diárias (Tabelas 28 e 29).

Dentre os tratamentos estudados, o que apresentou menor custo total para produzir simultaneamente a goma, castanha e pedúnculo foi aquele que não recebeu irrigação, com o nível mais alto adubação (sequeiro com 150% de adubação), R$ 13079,81 (Tabela 29). Em contrapartida o maior custo foi observado no sistema irrigado com 150 % de adubação, R$ 16693,51 (Tabela 28). O maior custo do sistema irrigado com 150% de adubação foi evidenciado não só pelo investimento com o sistema de irrigação e maiores doses de adubo, mas também pelo elevado valor gasto com serviço de coleta de castanha e pedúnculo (valores elevados de produção).

Mesmo os tratamentos irrigados apresentando um investimento inicial com o sistema de irrigação e gasto energético para aplicar água, no menor nível de adubação o custo foi superior no tratamento irrigado, quando comparado com o de sequeiro em apenas R$ 13,16. A diferença encontrada, quando consideramos o nível intermediário (100% de

adubação), foi de R$ 586,30. A diferença mais expressiva foi no maior nível de adubação, em que no tratamento irrigado o gasto foi superior em R$ 3613,70 (Tabelas 28 e 29). A menor diferença observada entre os regimes de irrigação, no nível de 50% de adubação, foi evidenciada por conta do maior gasto de mão-de-obra para coleta de castanha e pedúnculo no sistema em sequeiro.

Independente dos tratamentos, as maiores porcentagens do custo total foram obtidas com o insumo estimulante para extração da goma (valores médios de 10,7%), serviços de coleta da goma (valores médios de 19,5%) e de coleta do pedúnculo (valores médios de 32,8%) (Tabelas 28 e 29).

4.8.2 Custo de produção da goma

Os custos para a produção isolada da goma foram de R$ 5040,04; 5040,04; 5207,94; 4873,51; 4873,51 e 5041,41, respectivamente para os tratamentos de irrigação com 50, 100 e 150% de adubação e sequeiro com 50, 100 e 150% de adubação, na exploração do primeiro ano (Tabelas 28 e 29). A partir do segundo ano os custos sem o investimento inicial de materiais utilizados para extração da goma serão R$ 4825,13; 4825,13; 4993,03; 4658,60; 4658,60 e 4826,50, para irrigado com 50, 100 e 150% de adubação e sequeiro com 50, 100 e 150% de adubação, respectivamente. Assim, os custos médios para produção da goma no primeiro ano de extração, independente do nível de adubação, ficaram próximos. No cultivo irrigado encontramos valores médios de R$ 5096,01 e para o cultivo de sequeiro R$ 4929,48, ou seja uma diferença de aproximadamente R$ 166,53 (Tabelas 28 e 29).

Após análise dos custos totais e da quantidade de goma produzida, excetuando o cenário irrigado com 50% de adubação, foi observado que o valor unitário (R$/kg), para o primeiro ano de extração, foram bem próximos. A maior amplitude de valores unitários foi notada no nível de 50% de adubação, de forma que no cultivo irrigado o valor obtido foi de R$ 74,04 por quilo e no cultivo em sequeiro de R$ 49,18 por quilo, gerando assim uma diferença de R$ 24,86 por quilo (Tabelas 28 e 29).

4.8.3 Receitas e lucros por cenário

A produção de goma foi maior no tratamento de sequeiro com 50% da adubação recomendada, enquanto o menor valor foi obtido no tratamento irrigado com 50% da adubação recomendada (Tabela 30). A produção de castanha foi maior no tratamento de sequeiro adubado com 100% da recomendação advinda da análise do solo, seguido das plantas irrigadas e adubadas com 150% da adubação recomendada. A menor produção foi obtida nas plantas irrigadas com 50% da adubação recomendada, mesmo comportamento obviamente encontrado para a produção de pedúnculo (Tabla 30).

Tabela 30 – Produção de goma, castanha e pedúnculo de cajueiro anão precoce em $kg.ha^{-1}.ano^{-1}$, para os diferentes regimes hídricos e níveis de adubação.

Nível de adubação em relação ao recomendado	Regime Hídrico	Produção de goma ($kg.ha^{-1}.ano^{-1}$)	Produção de castanha ($kg.ha^{-1}.ano^{-1}$)	Produção de pedúnculo ($kg.ha^{-1}.ano^{-1}$)
50%	Sequeiro	99,09	1162,2	12641,9
	Irrigado	68,07	883,9	9576,6
100%	Sequeiro	87,73	1471,2	15583,6
	Irrigado	92,2	934,9	11042,5
150%	Sequeiro	90,53	913,3	9612,5
	Irrigado	95,07	1202,2	14653,3

Utilizando o preço do quilo da castanha a R$ 2,0, o quilo do pedúnculo a R$ 1,00 e o quilo da goma a R$ 74,04, 54,77, 54,78, 49,18, 55,49 e 55,69 para irrigado com 50, 100 e 150% e sequeiro com 50, 100 e 150%, respectivamente, obtemos a receita final para cada cenário (Tabela 31).

A exploração simultânea da castanha, do pedúnculo e da goma em plantas irrigadas com 50% e 100% de adubação, apresentaram valores menos lucrativos. No cultivo em sequeiro o mesmo comportamento foi observado ao nível de 150% de adubação. A utilização desses sistemas de cultivos é menos viável economicamente (Tabela 31).

Quando analisamos o cultivo em sequeiro, o nível intermediário de adubação (adubação recomenda) apresentou o maior lucro, R$ 7739,54, despontando como um sistema de cultivo promissor. No nível mais baixo de adubação, ainda no cultivo em sequeiro, o lucro observado foi de R$ 5535,72, próximo ao lucro observado no cultivo irrigado com 150% de adubação (R$ 5572,09) (Tabela 31).

Tabela 31 – Receitas e lucros para a exploração simultânea de goma, castanha e pedúnculo de cajueiro anão precoce sob diferentes níveis de irrigação e adubação (exploração realizada em um hectare, no período de um ano), utilizando sistema semimecanizado.

	Irrigado			**Sequeiro**		
	50%	**100%**	**150%**	**50%**	**100%**	**150%**
Produção de goma ($kg.ha^{-1}.ano^{-1}$)	68,07	92,20	95,07	99,09	87,83	90,53
Custo unitário da goma (R$/kg)	74,04	54,77	54,78	49,18	55,49	55,69
Produção de castanha ($kg.ha^{-1}.ano^{-1}$)	883,93	934,93	1202,17	1162,17	1417,19	913,31
Custo unitário da castanha (R$/kg)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Produção de pedúnculo ($kg.ha^{-1}.ano^{-1}$)	9576,6	11042,5	14653,3	12641,9	15583,6	9612,48
Custo unitário do pedúnculo (R$/kg)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RECEITAS TOTAIS (R$)	**16384,50**	**17952,42**	**22265,60**	**19839,73**	**23291,45**	**16480,51**
CUSTOS TOTAIS (R$)	**14317,71**	**14965,61**	**16693,51**	**14304,01**	**15551,91**	**13079,81**
LUCROS (R$)	**2066,79**	**2986,81**	**5572,09**	**5535,72**	**7739,54**	**3400,70**

5 CONCLUSÕES

A supressão da água reduziu expressivamente a taxa fotossintética e a transpiração das plantas, com a condutância estomática sendo mais levemente afetada.

A diferenciação nos níveis de adubação não foi representativa para as trocas gasosas.

Na fase de floração houve uma forte demanda por fotoassimilados, reduzindo os teores de carboidratos solúveis nas folhas.

Na fase de frutificação foram encontradas as maiores produções de goma, porém os menores valores de trocas gasosas, indicando uma possível relação inversa entre produção de goma e metabolismo de trocas gasosas.

A extração da goma de cajueiro não afetou a produção de castanha e pedúnculo.

Para a produção de goma, o cultivo irrigado só é promissor com maiores níveis de adubação, enquanto no sequeiro a maior produção de goma ocorreu com a menor dose de adubo.

A exploração da goma só é viável economicamente com um valor mínimo de venda da goma de R$ 49,18 por quilo, para o regime de sequeiro com 50% da adubação recomendada. Para os demais sistemas esse valor tem que ser mais elevado para ser viável.

A produção simultânea de goma, castanha e pedúnculo gerou lucros expressivos em um pomar cultivado em sequeiro com 100% do NPK recomendando para a cultura.

6 CONSIDAREÇÕES FINAIS

Há necessidade de se ampliar o prazo de estudo, pois possivelmente o período de um ano de submissão das plantas aos fatores de irrigação e adubação não seja o suficiente para uma resposta conclusiva. Da mesma forma, um ciclo de produção de castanha e de pedúnculo possivelmente não seja suficiente para uma resposta conclusiva.

Do ponto de vista de sustentabilidade, a extração da goma deve ser executada por um período maior de tempo, com o objetivo de conhecer a estabilidade da produção das plantas.

Estudos de rendimentos para a goma de cajueiro em comparação com a goma arábica é de suma importância para definir a viabilidade econômica da extração. Além disso, se faz necessário ampliar os estudos de purificação da goma de cajueiro, pois a agregação de valor no produto refinado da goma arábica é bem expressiva economicamente quando comparado ao produto bruto.

REFERÊNCIAS

ALICEWEB – Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior. **Secretaria de Comercio Exterior do Brasil (SECEX).** Disponível em: <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>. Acesso em 29 jan. 2013.

ALVAREZ PIZARRO, J. C. **Caracteres fisiológicos e bioquímicos da tolerância à salinidade em clones de cajueiro-anão precoce**. 2006. 137 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

ALVES, E. F. **Coeficiente de cultura e necessidades hídricas de mudas de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) submetidas a diferentes lâminas de irrigação**. 1999. 65 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Fortaleza :Universidade Federal do Ceará.

AMORIM, A. V.; GOMES-FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; LACERDA, C. F. Produção e fisiologia de plantas de cajueiro anão precoce sob condições de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 1014-1020, 2011.

AZEREDO, H. M. C.; MAGALHÃES, U.S; OLIVEIRA, S. A.; BRITO, E. S.; RIBEIRO, H. L. **Filmes comestíveis de alginato e goma de cajueiro**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 2011. 3 p. (Comunicado Técnico, 168).

BANDEIRA, C. T.; **Métodos de preparação da goma de cajueiro**. EMBRAPA: Fortaleza, 1991.

BARROS, L.M. Melhoramento. In: LIMA, V.P.M.S. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil/ETENE. 1988. p.321-356 (BNB/ETENE. Estudos Econômicos e Sociais, 35).

BARROS, L de M.; PIMENTEL, C.R.M.; CORREA, M.P.F; MESQUITA, A.L.M. **Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro-anão precoce**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1993. 65p. (Embrapa-CNPAT. Circular Técnica, 1)

BARROS, L.M. Introdução. In: BARROS, L.M (ed). **Caju-Produção: aspectos técnicos**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical. Brasília: EMBRAPA informação Tecnológica, serie frutas do Brasil, n. 30, 148p. 2002.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, 2008. 625p.

BEZERRA, F. C.; MIRANDA, F. R. **Efeito da densidade de plantio sobre o crescimento e a produção de cajueiro anão precoce irrigado**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1998.

BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO. E; ABREU, A. E. B.; PRISCO, J. T. Physiology of cashew plants grown under adverse conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 449-461, 2007.

BORGES, A. L.; RODRIGUES, M. G. V.; LIMA, A. A.; ALMEIDA, I. E.; CALDAS, R. C. Produtividade e qualidade de maracujazeiro-amarelo irrigado, adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n. 1, p. 259-262, 2005.

BRADY, N. C. Suprimento e assimilabilidade de fósforo e potássio. In: Brady, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7 ed., p. 373-413, 1989.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

BUCKERIDGE, M. S.; DIETRICH, S. M. C.; LIMA, D. U. Galactomannans as the reserve carbohydrate in legume seeds. **Carbohydrate Reserves in Plants – Synthesis and Regulation**. v, 26, p. 283-315, 2000.

BUENO, D.M. **Estudo da floração, frutificação embriogenese final zigotica e anatomia do pericarpo do cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.)**. Viçosa:Universidade Federal de Viçosa.1997. 95p. Tese (Doutorado em Fitotecnia).

CEINFO – Centro de Informações Tecnológicas e Comerciais para Fruticultura Tropical. **Perguntas e respostas caju: perguntas e respostas, clima, solos, adubação e nutrição mineral do caju**. 2009. Disponível em: <http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/artigo.php?op=2&i=1&si=34&ar=92>. Acesso em: 08 mar. 2013.

CRISÓSTOMO, L. A.; PIMENTEL, C. R. M.; MIRANDA, F. R. DE; OLIVEIRA, V. H. DE. Cajueiro anão precoce. In: CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. **Fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. p.50-69.

CRISÓSTOMO, L. A.; ROSSETTI, A. G.; PIMENTEL, C. R. M.; BARRETO, P. D.; LIMA, R. N. Produtividade, atributos industriais e avaliação econômica de castanha em cajueiro anão precoce adubado com doses crescentes de nitrogênio e potássio em cultivo sob sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**. 35(1): 87-95, 2004.

CUNHA, P.; MACIEL, J.S.; SIERAKOWSKI, M.R.; PAULA, R.C.M.; FEITOSA, J.P.A. Oxidation of cashew tree gum exudate polysaccharide with TEMPO reagent. **J. Braz. Chem. Soc.**, 18, 85-92, 2007.

DAMODARAN, V.K.; VILASACHAN, Y.; VALSALAKUMARI, P.K. **Research of cashew in India**. Kerala: Kerala Agric. Univ., 1979. P. 10-35 (Kerala Agri. Univ. Technical Bulletin).

DUBOIS, K. A. GILLES, J. K. HAMILTON, P. A. REBERS, FRED. SMITH. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 03, p. 350-356, 1956.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas**. 2 ed. Editora Planta, 416p, 2006.

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em :<http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>. Acessado em: 06 de março de 2013

FERGUSOM, C. E. **Microeconomia**. 20 ed. Editora: Forense Universitária, 2003. 610 p.

FIEC – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ. **Estudo setorial: Castanha de caju**. Dezembro de 2012. Disponível em: <http://www.fiec.org.br>. Acessado em: 16 out. 2013

FLORÊNCIO, A.P.S.; MELO, J.H.L.; MOTA, C.R.F.C.; MELO-JÚNIOR, M.R.; ARAÚJO, R.V.S. Estudo da atividade anti-tumoral do polissacarídeo (PJU) extraído de *Anacardium occidentale* frente a um modelo experimental do sarcoma 180. **Rev. Eletron. Farm**. v. 4, n. 1, p. 61-65, 2007.

FUNCEME – **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://www.funceme.br/>. Acessado em: 10 de out. 2013.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.

GHOSH, S. N.; BOSE, T. K. Nutrional requirment of cashew (*Anacardium occidentale* L.) in laterite tract of west Bengal. **Indian cashew Journal**, v.18, p.11-18, 1986.

GHOSH, S. N.; Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on flowring duration, yeld and shelling percentage of cashew (*Anacardium occidentale* L.). v.22. **Indian cashew Journal**, 1990. p.19-23

GRUNDON, N. J. Cashew nuts in North Queensland respond to phosphorus and sulfur fertilizers. **Better Crops International**. 1999.

GUILHERME, L. R. G.; CURI, N.; SILVA, M. L.N.; RENO, N. B.; MACHADO, R. A. F. Adsorção de fósforo em solos de várzea do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 27-34, 2000.

GUILHERME, E. A.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Desenvolvimento de plantas adultas de cajueiro anão precoce irrigadas com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Jaboticabal, v. 09, p. 253-257, 2005a.

GUILHERME, M. R.; REIS, A. V.; TAKAHASHI, S. H.; RUBIRA, A. F.; FEITOSA, J. P. A.; MUNIZ, E. C. Synthesis of a novel superabsorbent hydrogel by copolymerization of acrylamide and cashew gum modified with glycidyl metracrylate. **Carbohydr. Polym**. 2005b, 61, 464.

GUM ARABIC Production: **Gum Arabic overview with focus on Sudan**. Disponível em: <http://www.gum-arabic.org/Production.aspx?linkID=Overview>. Data de acesso: 08 mar. 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal 2011.** Rio de Janeiro, IBGE:2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 29 jan. 2013.

LACERDA, C.F. **Relações Solo-Água-Planta**. Departamento de Engenharia Agrícola/UFC, 2004. p.104.

LIMA, M. de A.; BEZERRA, M. A.; GOMES FILHO, E.; PINTO, C. de M.; ENEAS FILHO, J. Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes

regimes hídricos. **Revista Ciência Agronômica**, Forataleza-CE, v. 41, n. 4, p. 654-663, out-dez, 2010.

LIMA, V. P. M. S. **Cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1998, 486 p.

LIMA, R. L. S. de; FERNANDES, V. L. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; OLIVEIRA, V. H. Crescimento de mudas de cajueiro anão precoce CCP–76 submetidas á adubação orgânica e mineral. **Rev. Bras. Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 23, n. 2, p. 391-395, agosto 2001.

MAGALHÃES JUNIOR, G. A. ; Santos, C.M.W. ; Silva, D. A. ; Maciel, J. S. ; Feitosa, J. P.A. ; Paula, H.C.B. ; de Paula, R.C.M. . Microspheres of chitosan/carboxymethyl cashew gum (CH/CMCG): Effect of chitosan molar mass and CMCG degree of substitution on the swelling and BSA release. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, p. 217-222, 2009.

MACIEL, J. S. ; KOSAKA, P. M. ; PAULA, R. C. M. ; FEITOSA, J. P. A. ; PETRI, D. F. S. . Formation of cashew gum thin films onto silicon wafers or amino-terminated surfaces and immoblization of Concanavaln A on them. **Carbohydrate Polymers**, v. 69, p. 522-529, 2007.

MATHIAS FILHO, W.P., CARMO, C.A.F.S. Sangria e armazenamento de látex. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.121, p.58-60, 1985.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafos. 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Informações Agronômicas, n. 111, 2005.

MCCULLY, M. How do real roots work? Some new views of root structure. **Plant Physiology**. v. 109, p.1-6, 1995

MENÊSES JUNIOR, J.; ALMEIDA, F. A. G.; HERNANDEZ, F. F. F.; ALMEIDA, F. C. A. Influencia da adubação NPK sobre o crescimento do cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var. nanum). **Revista de la Faultad de Agronomia de La Plata**, v 19, 1993

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNADES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.281-298.

MIRANDA, F.B. de. Irrigação. In: OLIVEIRA, V.H. de; COSTA, V.S. de. **Manual de produção integrada de caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 355 p, 2005.

MONTENEGRO, A. A. T. **Substituição de copa em cajueiros comuns de diferentes portes**. Fortaleza. 2011. 106 p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia) Universidade Federal do Ceará,Fortaleza – Ceará.

MOTHÉ, C.G. **Produção de goma de cajueiro**, Patente PI0004114-9, 2000.

MOTHÉ, C. G.; CORREIA, D. Z.; Caracterização reológica de blendas de gomas de cajueiro e xantana em suco. **Analytica**, 2, 59-64, 2002.

NASCIMENTO, A. H. C. **Aspectos fisiológicos e produtivos de clones de cajueiro anão precoce cultivado sob dois regimes hídricos**. Fortaleza. 2010. 97 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Ceará,Fortaleza – Ceará.

NEGREIROS, M. Z.; MEDEIROS, J. F.; GRANGEIRO, L. C.; SALES JUNIOR, R.; MENEZES, J. B. Cultivo do melão no polo Rio Grande do Norte-Ceará. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n.3, 2003.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fosforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTY, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. p.471-548.

OLIVEIRA, V.H. **Cultivo do cajueiro anão precoce**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 40 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Sistema de Produção, n.1)

OLIVERIA, V. H. Cajucultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**. V.30, n.1, 2008.

OLIVEIRA, V.H.; BARROS, L.M.; LIMA, R.N. de. Influência da irrigação e do genótipo na produção de castanha em cajueiro anão precoce. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.1,66, 2003a.

OLIVEIRA, V. H.; CRISÓSTOMO, L. A.; MIRANDA, F. R. de; ALMEIDA, J. H. S. **Produtividade de clones comerciais de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) irrigados no Município de Mossoró RN**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1998. 6 p. (Comunicado Técnico, 14).

OLIVEIRA, V.H.; PARENTE, J.I.G.; SAUNDERS, L.C.U. Irrigação em cajueiro anão precoce: uma perspectiva promissora. **Revista Frutar**, Fortaleza, v. 1. n. 1, p. 4 , 1995.

OLIVEIRA, V.H., MIRANDA, F.R. **Caju: necessidades hídricas**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000fielotma02wyiv80z4s473btn29z2.html>. Acessado em: 08 mar 2013.

OLIVEIRA, V. H., MIRANDA, F.R.; CAVALCANTE, R.R.R. **Produção de castanha em cajueiro- anão precoce sob diferentes regimes hídricos**. 2004. (boletim de pesquisa e desenvolvimento 19).

OLIVEIRA, V. H., SANTOS, F. J. DE S.; CRISÓSTOMO, L. A.; SAUNDERS, L. C. U. **Manejo da irrigação na produção integrada do cajueiro-anão precoce**. Fotaleza: Embrapa Agroindustria Tropical, 2003b. (Circular técnica online 15).

OLIVEIRA, F.N. S.: AQUINO, A. R. L. de; LIMA, A. A. C. **Correção da acidez e adubação mineral em solos de Cerrado cultivados com cajueiro anão precoce enxertado**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 31p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 5)

PAULA, H. C. B.; PAULA, R. C. M.; FEITOSA, J. P. Brazil northeast s biopolymers: prospection, production and applications. In: José Olvaldo B Carioca. (Org.). **Green Chemistry: consciouness, responsability and action**. Fortaleza, CE: Editora UFC, 2008, p. 373-395.

PEIXOTO, E. M. A. **Fósforo**. Química na nova escola, 2002.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: EDUR, 2004. 191 p.

PINTO, G. L.; MARTINEZ, M.; MENDONZA, J. A.; OCANDO, E. R. Comparison of three anacardiaceae gum exudates. **Biochem.** Syst. Ecol., 23, 151-156, 1995.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2007.

RIBEIRO, J. L.; NOGUEIRA, C. C. P.; SILVA, P. H. S. DA; RIBEIRO, V. Q.; RIBEIRO, H. A. M. **Irrigação do cajueiro anão precoce na região de Teresina**. Embrapa: Piauí, 2006: (Comunicado técnico 186).

RIBEIRO, R. C. C.; CORREIA, J. C. G.; MONTE, M. B. M; SEIDL, P. R.; MOTHÉ, C. G.; LIMA, C. A. Cashew gum: a new depressor for limestone in the phosphate. minerals flotation. **Minerals Engineering**, vol. 16, p. 873-875, 2003.

RINAUDO, M.; MILLAS, M. **Polieletrólitos**. In: GROOTE, R. A. M. C.; CURVELO, A. A. S. (ed.). São Carlos: Editora USP, 1991.

RODRIGUES, J. F., de PAULA, R. C. M., COSTA, S. M. O., Métodos de isolamento de gomas naturais: comparação através da goma do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, ano III, n°1, p.31-36, 1993.

RODRIGUES, R.A.F; GROSSO, C.R.F. Cashew gum microencapsulation protects the aroma of coffee extracts. **Journal of Microencapsulation**. p.13–20. 2008.

SANTI, A. Adubação nitrogenada na aveia preta. I – Influência na produção de massa seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n.6, p. 1075-1083, 2003.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT User's guide, Version 9.1, v.1-7**. SAS institute inc. Cary, NC, 2004.

SCHAPER, H.; CHACKO, E. K.; BLAIKE, S. J. Effect os irrigation on leaf gas exchange and yield of cashew in northern Australia. **Australia Journal Exp. Agri**. 36:861-868, 1996.

SCHIRATO, G.V.; MONTEIRO, F.M.F.; SILVA, F.O.; *et al.* The polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. in the inflammatory phase of the cutaneous wound healing**. Cienc. Rural**. v. 36, n. 1 p. 149-154, 2006.

SILVA, D. A.; FEITOSA, J. P. A.;de PAULA, H. C. B. ; PAULA, R. C. M. . Synthesis and characterization of cashew gum/acrylic acid nanoparticles. **Materials Science & Engineering**. v. 29, p. 437-441, 2009.

SILVA, E. E. **Síntese e aplicação de nanotubos de carbono em biotecnologia**. Belo Horizonte: Departamento de Física da UFMG, 2007. 198p. (Tese, Doutorado em Física).

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 1999. 370 p.

SOARES, J.B. **O caju: Aspectos tecnológicos**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1986. 256p.

SOUZA, I.H. **Avaliação do sistema de irrigação Bubbler e do crescimento inicial do cajueiro anão precoce, submetido a diferentes níveis de umidade do solo**. 2001. 94p. Dissertação Mestrado. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará,

SOUZA, R. P.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; OLIVEIRA, R. F.; SILVEIRA, J. A. G. **Photosynthetic responses of young cashew plants to varyin enviromental conditions**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, p.735-744, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Editora: Artmed, 2013. 820 p.

TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Estudos da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.7, n.2, p. 181-204, 2005.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1609-1618, 2008.

TORQUATO, D. S.; FERREIRA, M. L.; SÁ, G. C.; BRITO, E. S.; PINTO, G. A. S.; AZEVEDO, E. H. F. Evaluation of antimicrobial activity of cashew tree gum. **World Journal of Microbiology & Biotecnology**, v. 20, p. 505-507, 2004.

UBM BRASIL - UBM Brasil Feiras & Eventos Ltda. Dossiê: Goma – As gomas exsudadas de plantas. **Revista Food ingredients brasil**, ed. 17, p. 26-37 2011.

VASCONCELOS, M. A. S. de; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2004

VERMEIREIN, L.; JOBLING, G.A. **Riego localizado**. Roma:FAO, 1986. 197p. (Estudio FAO Riego y Drenaje, 36).

WANG, X.; SHEN, J.; LIAO, H. Acquisition or utilization, wich is more critical for enhancing phosphorus efficiency in modern crops. **Plant Science**, Limerick, v. 179, p. 302-306, 2010.

YANG, L., ZHANG, L.M. Chemical structural and chain conformational characterization of some bioactive polysaccharides isolated from natural sources. **Carbohydrate Polymers**, v. 76, p.349–361, 2009.