



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

ÉLIDA MEDEIROS DO NASCIMENTO

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO AQUECIMENTO GLOBAL NAS PLANTAS: Um
estudo de caso do algodoeiro *BRS-Aroeira*

CAMPINA GRANDE – PB
2012

ÉLIDA MEDEIROS DO NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO AQUECIMENTO GLOBAL NAS PLANTAS: Um
estudo de caso do algodoeiro *BRS-Aroeira***

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira

Coorientador: João Paulo Saraiva Morais

**CAMPINA GRANDE – PB
2012**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

N244a Nascimento, Elida Medeiros.
Avaliação do impacto do aquecimento global nas plantas: um estudo de caso do algodoeiro BRS - Aroeira. [manuscrito] / Elida Medeiros Nascimento – 2012.
51f.: il. Color

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2012.
“Orientação: Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental”.

1. Aquecimento global. 2. Algodão. 3. Composição Química. I. Título.

21. ed. CDD 551.525

ÉLIDA MEDEIROS DO NASCIMENTO

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO AQUECIMENTO GLOBAL NAS PLANTAS: Um estudo de caso do algodoeiro BRS-Aroeira

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovado em: 29/12/19

Nota: 9,9 (muito bom)

Examinadores:



Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira
(Orientador – DESA/CCT/UEPB)



M. João Paulo Saraiva Moraes
(Coorientador – Pesquisador da Embrapa Algodão)



Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira
(Examinadora – DESA/CCT/UEPB)

À João Emanuel, meu filho, e Sebastião Manoel (*in memoriam*), meu PAI, pela força necessária para galgar nos dias de trevas; a minha mãe e meus irmãos pela força e o amor incondicional, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, mestre que me ilumina, me protege e me guia pelos melhores caminhos; Que me consolou e me acalentou em minhas noites de tristeza pela ausência do meu filho;

Em especial a meu menino, João Emanuel, por seu amor; a meu pai (in memoriam), Sebastião Manoel, pelos princípios e proteção;

A minha mãe e irmãos pela força necessária;

Aos meus orientadores, Fernando e João Paulo (o anjo), pela paciência e ensinamentos. E a Fábio Aquino e a Embrapa Agodão pelos subsídios para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos irmãos do curso de Engenharia, especialmente a Juscelino, Clarissa, Eyre, Amanda, Thaís, Wilza, Léo, Andretti, Cássio, Rhafael, Marlon e Cícero.

A todos os companheiros que ao longo da minha jornada acadêmica dividiram um 'teto' comigo.

A minha amiga, Joaninha, por cuidar do meu filho, como seu, para continuar minha labuta diária e não desistir. E a todos que nunca deixaram faltar sorrisos na vida do meu filho;

Aos professores e funcionários, que contribuíram para minha formação.

As minhas amigas-irmãs, Crislânne e Lourdes, representando todos os amigos do curso de Química que tive o prazer de conhecer e conviver, muitas lembranças e recomendações! A elas também pelo incentivo, amizade, proteção espiritual e conselhos.

As companheiras de estágio do LATECQ pela alegria diária, especialmente a Cristiana.

A João Paulo, meu ex-marido, pelo financiamento a fundo perdido dos meus estudos, pelo o luxo e o lixo. E se apropriando de suas palavras, agradeço a você e a muitos, infelizes, que jogaram pedras e vomitaram nos caminhos da verdade e da razão. A necessidade de aqui mencioná-los, todavia, ergue-se do início da realização de objetivos e da ânsia de mostrar, talvez até mesmo, a nós mesmos, que podemos

ultrapassar pontos que nos são oferecidos como fins de linha. Todos aqueles difíceis dias, estão também, aqui aglutinados de alguma forma.

Humildemente agradeço a todos!

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.”

“A Terra dá o suficiente para satisfazer as necessidades de todos os homens, mas não sua ganância.”

Mahatma Gandhi

NASCIMENTO, Élide Medeiros. **Avaliação do impacto do aquecimento global nas plantas.** Um estudo de caso do algodoeiro *BRS-Aroeira*. Campina Grande, UEPB, 2012, 51 p. (Monografia para Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental).

RESUMO

O aquecimento global é causado pela intensificação do efeito estufa. Este é um fenômeno natural que mantém a terra aquecida, garantindo a manutenção da vida tal qual conhecemos. Muitos cientistas atribuem a desencadeação desse processo a atividades antrópicas, em especial pelo consumo de combustíveis fósseis, como carvão mineral, petróleo e gás natural, assim como pelos desmatamentos e queimadas. Que possivelmente podem vir a causar alterações no clima de algumas regiões, intensificação de fenômenos naturais, como furacões e secas, entre outros. Este trabalho estuda, através de análises lignocelulósicas, o impacto do aquecimento global no desenvolvimento das plantas, mais especificadamente, neste caso, o algodoeiro BRS-Aroeira. Considerando-se que o aquecimento global causa alterações climáticas que influenciam o desenvolvimento das plantas e em sua fisiologia, e conseqüentemente na produção, quantidade e qualidade dos produtos agrícolas mundiais. As análises lignocelulósicas avaliam os principais componentes macromoleculares constituintes da parede celular: celulose, polioses (hemiceluloses) e lignina, além de constituintes secundários, como extrativos, umidade e minerais. O trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Fisiologia e Tecnologia Química – LATECQ da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária - Embrapa Algodão, em Campina Grande - PB. Os procedimentos experimentais foram processados em três fases, a primeira consistia no cultivo da espécie de algodoeiro BRS - Aroeira em duas câmaras de simulação de condições ambientais – phytotrons, que apresentavam os mesmos parâmetros ambientais, diferenciando-os em relação ao nível temperatura. A segunda parte tinha por objetivo submeter os caules das plantas de cada phytotron, particularmente, as análises lignocelulósicas para avaliar a composição química dos mesmos. A terceira parte consistia na avaliação e tratamento estatístico dos resultados obtidos durante a etapa anterior, averiguando e discutindo-os em função das condições ambientais que foram submetidos durante o seu cultivo.

PALAVRAS-CHAVE: Aquecimento global. Algodoeiro. Análise lignocelulósica. Composição química.

NASCIMENTO, Élide Medeiros. **Assessing the impact of global warming on plants.** A case study of cotton *BRS-Aroeira*. Campina Grande, UEPB, 2012, p. 51 (Monograph for Undergraduate Sanitary and Environmental Engineering).

ABSTRACT

Global warming is caused by the intensification of the greenhouse effect. This is a natural phenomenon that keeps the Earth warm, guaranteeing the continuation of life as we know it. Many scientists assigns the desencadeação this process to human activities, especially the consumption of fossil fuels such as coal, oil and natural gas, as well as by deforestation and burning. That possibly will cause changes in the climate of some regions, intensificação of natural phenomena such as hurricanes and droughts, among others. This work investigates lignocellulosic through analysis, the global warming impact on plant development, more specifically, in this case, cotton BRS-Aroeira. Considering that global warming causes climate change that influence plant development and physiology, and consequently the production, quantity and quality of agricultural products worldwide. The analysis assesses the major lignocellulosic components macromolecular cell wall constituents: cellulose, polyoses (hemicellulose) and lignin, as well as secondary constituents such as extractives, moisture and minerals. The work was developed in the Laboratory of Physiology and Chemical Technology - LATECQ of the Brazilian Agricultural Research - Embrapa Cotton in Campina Grande - PB. The experimental procedures were processed in three phases, the first consisting of the species in cultivation of cotton BRS - Aroeira two chambers simulating environmental conditions - phytotrons, who had the same environmental parameters, differentiating them from the level temperature. The second part was intended to submit the plant stems of each phytotron, particularly lignocellulosic analyzes to evaluate the chemical composition thereof. The third part consisted of evaluation and statistical treatment of results obtained during the previous step, checking and discussing them depending on environmental conditions they were subjected during their cultivation.

KEYWORDS: Global warming. Cotton. Analysis lignocellulose. Chemical composition.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Componentes do forçamento radiativo e estimativas da média global do forçamento radiativo (FR) em 2005..... | 21 |
| Figura 2 - Variação da temperatura média anual do ar na superfície, 1960–2009..... | 22 |
| Figura 3 - Principais componentes químicos da madeira. | 26 |
| Figura 4 - Fórmula estereo química da celulose..... | 28 |
| Figura 5 - Ilustração esquemática da interação das moléculas de celulose..... | 28 |
| Figura 6 - Esquema estrutura proposto para a lignina de <i>Picea abies</i> (madeira mole) . | 30 |
| Figura 7 - Diagrama das etapas e processos executados durante o processo experimental..... | 32 |
| Figura 8 - Sistema de extração em Soxhlet..... | 35 |
| Figura 9 - Amostras em período de digestão de 24 horas..... | 36 |
| Figura 10 - Processo de degradação oxidativa da lignina. | 39 |
| Figura 11 - Processo de análise do teor de α -celulose..... | 41 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Parâmetros utilizados no cultivo do algodão nas câmaras de simulação | 31 |
| Tabela 2 - Composição lignocelulósica do caule da cultivar BRS-Aroeira..... | 43 |
| Tabela 3 - Análise mineralógica das cinzas do caule da cultivar BRS-Aroeira provenientes do phytotron I e do phytotron II. | 44 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAPA – Associação Brasileira dos Produtores de Algodão;

ASTM – American Society for Testing and Materials;

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior;

CCT – Centro de Ciências e Tecnologia;

CES - Centro de Educação e Saúde (CES);

CH₄ – Metano;

CO₂ – Gás carbônico;

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico;

EDX - Espectroscopia de raios X por dispersão em energia;

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias;

EPI – Equipamentos de Proteção Individual;

FR – Forçamento Radiativo;

GT1 – Grupo de Trabalho 1;

H₂O – Água;

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change;

LATECQ – Laboratório Avançado de Tecnologia Química;

NaClO₂ – Clorito de sódio;

NaOH – Hidróxido de sódio;

NASA - National Aeronautics and Space Administration;

NCC – Nível de Compreensão Científica;

N₂O – Óxido de nitrogênio;

OMN - Organização Meteorológica Mundial;

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o meio Ambiente;

ppm – Partes por milhão;

UAE - Unidade Acadêmica de Educação;

UEPB – Universidade Estadual da Paraíba;

UFMG – Universidade Federal de Campina Grande;

UFPB – Universidade Federal da Paraíba;

UNEP – United Nations Environment Programme;

LISTA DE SÍMBOLOS

% – Percentagem;

μ - Mícron;

μg – Micrograma;

°C – Grau Celsius;

cm – Centímetro;

g – Grama;

h – Hora;

in – Polegada;

L – Litro;

m/m – Concentração massa – massa;

m² – Metro quadrado;

mg – Miligrama;

Min. – Minuto;

mL – Mililitro;

pH – Potencial hidrogeniônico;

W – Watts.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| 1 INTRODUÇÃO | 16 |
| 2 OBJETIVOS | 18 |
| 2.1 Objetivo Geral | 18 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 18 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA | 19 |
| 3.1 Aquecimento Global | 19 |
| 3.2 O algodoeiro | 24 |
| 3.2.1 Componentes lignocelulósicos do caule das plantas | 26 |
| 4 METODOLOGIA..... | 31 |
| 4.1 <i>Descrição do Sistema Experimental</i> | 31 |
| 4.2 Procedimento Experimental | 33 |
| 4.2.1 <i>Determinação do teor de Umidade</i> | 33 |
| 4.2.2 <i>Determinação da quantidade de Cinzas</i> | 33 |
| 4.2.3 <i>Determinação do teor de Extrativos</i> | 34 |
| 4.2.4 <i>Determinação de Lignina</i> | 36 |
| 4.2.5 <i>Determinação de Holocelulose</i> | 38 |
| 4.2.6 <i>Determinação de α-celulose</i> | 40 |
| 4.3 Tratamento Estatístico | 42 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 43 |
| 5.1 Resultados da Caracterização lignocelulósica | 43 |
| 5.2 Caracterização química das cinzas | 44 |
| 6 CONCLUSÕES | 466 |
| REFERÊNCIAS..... | 47 |

1 INTRODUÇÃO

O relatório do “Intergovernmental Panel on Climate Change” (IPCC, 2007), divulgado pela OMM/PNUMA/Unep, prevê uma redução na produção agrícola mundial nas próximas décadas devido às alterações climáticas, principalmente as provenientes da intensificação do efeito estufa, como o aquecimento global. O equilíbrio do sistema climático mundial é dado em função das variações na quantidade de gases de efeito estufa e aerossóis da atmosfera, na radiação solar e nas propriedades da superfície terrestre. O relatório do IPCC (1997) avalia que a temperatura global deverá aumentar entre 1,4°C e 5,8°C nos próximos 100 anos, tendo a média de 1990 com a referência. Outro parâmetro ambiental analisado no contexto do aquecimento global refere-se ao efeito do aumento da concentração de dióxido de carbono no desenvolvimento da planta. Os aumentos globais da concentração de dióxido de carbono se devem principalmente ao uso de combustíveis fósseis e à mudança no uso da terra. A concentração do CO₂ na atmosfera, sendo próxima de 300 ppm está bem abaixo da saturação para a maioria das plantas. Níveis excessivos, próximos de 1.000 ppm, passam a causar toxicidade às plantas (PINTO et al., 2002).

Diante desse cenário mundial, pesquisas vêm sendo desenvolvidas a fim de avaliar os impactos do aquecimento global no desenvolvimento das plantas através da simulação de prováveis condições atmosféricas futuras no planeta e, com isso, selecionar linhagens mais resistentes, principalmente, a altas temperaturas e a níveis mais elevados de dióxido de carbono.

O algodoeiro apresenta uma grande importância na produção agrícola mundial, pois sua fibra é utilizada na fabricação de tecidos para vestimenta de aproximadamente 50% da população (Barreto et al., 1994). De todas as culturas irrigadas no mundo, o cultivo do algodoeiro corresponde a 7% (World Bank, 1990). O Brasil é o quinto maior produtor do mundo, mais de dois milhões de toneladas na safra recorde de 2010/2011, de acordo com a ABRAPA – Associação Brasileira dos Produtores de Algodão.

A pesquisa desenvolvida na EMBRAPA Algodão teve por finalidade submeter o algodoeiro, desde a germinação até a produção, a condições de estresse,

através de câmaras de simulação de condições ambientais – phytotrons. Elas controlam os níveis de gás carbônico (CO₂), luz, água, umidade relativa do ar e temperatura. Tais condições de estresse podem provocar alterações fisiológicas, anatômicas e bioquímicas nas plantas. O algodoeiro necessita, geralmente, de temperaturas ambientais na faixa de 18 °C a 30 °C, elevada radiação solar e insolação (Amorim Neto & Beltrão, 1992).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o impacto do aquecimento global na composição bioquímica de restos culturais de plantas de algodoeiro BRS-Aroeira.

2.2 Objetivos Específicos

- Estudar a influência das mudanças climáticas no desenvolvimento das plantas através da análise lignocelulósica (umidade, cinzas, extrativos, holocelulose e alfacelulose) do caule da cultivar BRS-Aroeira;
- Comparar os resultados obtidos das análises lignocelulósicas dos dois phytotrons através do tratamento estatístico dos dados e discussão dos resultados obtidos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aquecimento Global

A amplificação do aquecimento global decorrente do aumento da concentração de gases do efeito estufa como o gás carbônico (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e o vapor d'água (H_2O) vem sendo estudado e pesquisado por inúmeros cientistas do mundo em função das alterações climáticas globais que tal processo pode causar. Esse fenômeno pode ameaçar a continuidade de vários ecossistemas e espécies através de alterações no seu equilíbrio natural. O efeito estufa é sintetizado através de PINTO et Al. (2003), no qual fundamenta que a atmosfera terrestre é uma mistura mecânica de partículas sólidas, gases e massas líquidas, apresentando como principais gases o Nitrogênio (78%) e o Oxigênio (21%). Em presença da luz solar os gases reagem entre si formando-se e dissociando-se. Devido a essas características a atmosfera funciona como um filtro à luz solar, deixando passar apenas as ondas curtas, bloqueando a saída para o espaço da radiação infravermelha ou termal. Esse é um processo natural, sem o qual a temperatura da terra ficaria em torno de 17°C negativos.

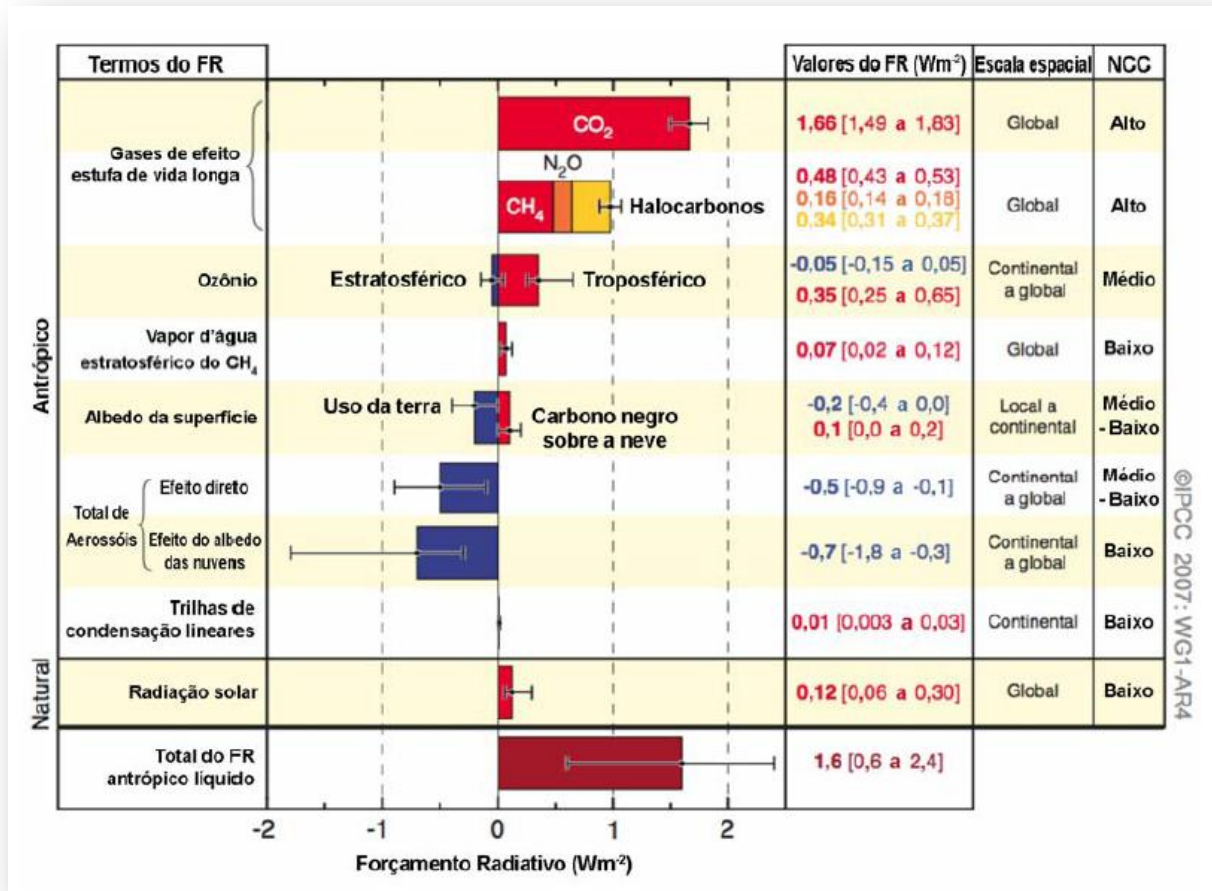
De acordo com Kristin Dow et al.,

A “ampliação do efeito estufa natural do planeta, pelo acúmulo dos gases introduzidos pela atividade humana, tem um potencial para provocar sérias mudanças no clima. Temos que tomar medidas urgentes para que as futuras gerações não sejam postas em riscos.” (2006, p. 19)

Reconhecendo a problemática das mudanças climáticas globais, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e a UNEP (United Nations Environment Programme) criaram o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), em 1988. O IPCC é uma entidade formada por cientistas de todo o mundo, que tem como meta pesquisar e divulgar os resultados dos efeitos das mudanças climáticas globais, com a finalidade de que sejam elaborados mecanismos para a adaptação e mitigação desses efeitos. O quarto Relatório de Avaliação do GT1 do IPCC (2007) traz em seu escopo que os aumentos globais da concentração de dióxido de carbono se devem

principalmente ao uso de combustíveis fósseis e à mudança no uso da terra. Já os aumentos da concentração de metano e óxido nitroso são devidos principalmente à agricultura. De uma forma geral, o IPCC pondera que o equilíbrio do sistema climático mundial é dado não somente em função das variações na quantidade de gases de efeito estufa, mas também da presença de aerossóis da atmosfera, na radiação solar e nas propriedades da superfície terrestre, que por sua vez são expressas em termos do forçamento radiativo, que é uma medida da influência de um fator na alteração do equilíbrio da energia que entra e sai do sistema Terra-atmosfera. Este é um índice da importância do fator como possível mecanismo de mudança do clima, sendo expressos em watts por metro quadrado (W/m^2). Ele é usado para comparar a forma como os fatores humanos e naturais provocam o aquecimento (forçamento positivo) ou o esfriamento (forçamento negativo) do clima global. A Figura 1 apresenta estimativas da média global do forçamento radiativo (FR) e faixas em 2005 para o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) antrópicos e outros agentes e mecanismos importantes, juntamente com a extensão geográfica típica (escala espacial) do forçamento e o nível de compreensão científica (NCC) avaliado. O forçamento radiativo antrópico líquido e sua faixa também são mostrados. Isso requer a soma das estimativas assimétricas da incerteza dos termos componentes e não pode ser obtido por simples adição. Considera-se que outros fatores do forçamento não apresentados aqui tenham um NCC muito baixo. Os aerossóis vulcânicos contribuem com um forçamento natural adicional, mas não são incluídos nesta figura em razão da sua natureza episódica. A faixa para as trilhas de condensação lineares não incluem outros efeitos possíveis da aviação ou da nebulosidade.

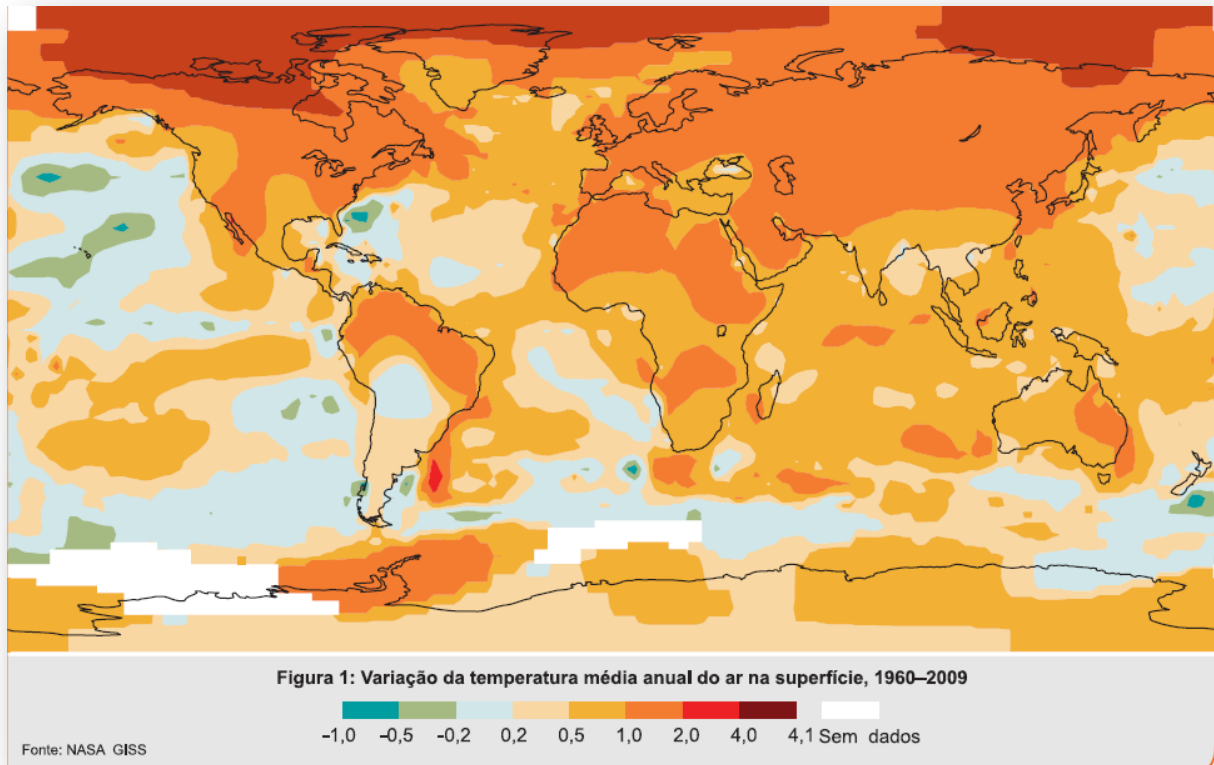
Figura 1 - Componentes do forçamento radiativo e estimativas da média global do forçamento radiativo (FR) em 2005



Fonte: IPCC, 2007.

Em suma, os últimos relatórios divulgados pelo IPCC alertam para cenários de clima mais extremos decorrentes do aumento da temperatura (Figura 2), pois o aquecimento global contribui para escassez da água, episódios climáticos extremos, como inundações e secas, aumento do nível do mar, perda de gelos dos mares polares e de geleiras, e ondas de calor mais frequentes. Todos esses efeitos incidem diretamente no bem-estar humano, na segurança alimentar, saúde, coesão social de muitas comunidades e nas atividades econômicas que têm os recursos naturais como precursores para geração de produtos e, conseqüentemente, renda.

Figura 2 - Variação da temperatura média anual do ar na superfície, 1960–2009



Fonte: IPCC, 2007.

Considerando-se a flora, a radiação solar é responsável pelo processo de fotossíntese e, conseqüentemente, pela produção das plantas. Ela determina a época de floração e frutificação, influência na cor, sabor e odor dos vegetais de um modo geral. Sua primordial função é dada pelas transformações bioquímicas que acarreta aos vegetais, proporcionada pelo número de horas de brilho solar (BORGES, 2002). Desta forma, a consequência dessas alterações no processo de aquecimento da terra é que muitos ecossistemas de plantas poderão aumentar sua biodiversidade ou sofrer influências negativas. Regiões que apresentam anualmente baixas temperaturas e que atualmente sejam limitantes ao desenvolvimento de culturas susceptíveis a geadas podem passar a exibir condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas, com o aumento do nível térmico devido ao aquecimento global (PINTO et al., 2002). Já espécies que são intoleráveis ao aumento da temperatura, como por exemplo, a

maioria das algas tenderá a sofrer danos fisiológicos visíveis na sua estrutura, e até morte, devido ao estresse térmico.

Considerando-se o cenário brasileiro, as projeções ambientais em relação ao efeito estufa avaliam aumento de temperaturas em torno de 3 °C a 5 °C, podendo desencadear mudanças no ciclo hídrico, podendo causar elevação na média anual das chuvas, e problemas na fase reprodutiva de cultivos, além de poder aumentar os riscos de erodibilidade dos solos e problemas na colheita de cultivos (SIQUEIRA, 2001). Outros estudos prevêem que o aquecimento global poderá aumentar a temperatura mundial de 5,8°C em 2100, caso, as recomendações contidas no Protocolo de Quioto e outras medidas mais drásticas não sejam praticadas imediatamente (SILVINSKAS, 2008). O Protocolo de Quioto realizado no Japão em 1997 instituiu metas para que os países industrializados reduzam, entre 2008 e 2012, as emissões combinadas de gases de efeito estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990, e desta forma, diminuir a elevação da temperatura global do planeta e seus efeitos.

No mundo e no Brasil, alguns estudos já mostraram resultados significativos com relação ao aquecimento global e seus impactos, principalmente na agricultura. As plantas começam a desenvolver folhas e flores entre 2,5 e 5 dias mais cedo a cada 1°C mais quente, baseando-se em uma comparação entre experimentos sobre aquecimento feitos em 1.634 espécies de plantas e observações de longo prazo destas espécies na natureza, realizadas por 20 instituições de América do Norte, Japão e Austrália (WOLKOVICH, 2012). Assad e Luchiari Jr. (1989) estudaram as alterações decorrentes da variação da temperatura para as culturas de soja e milho. Siqueira et al (1994 e 2000) avaliaram os efeitos das mudanças globais na produção de trigo, milho e soja para alguns pontos do Brasil. Pinto et al. (1989 e 2001) apresentaram os resultados decorrentes das mudanças do clima (elevação da temperatura e das chuvas) na produção do café para os Estados de São Paulo e Goiás. De acordo com ASSAD e PINTO (2008), a produção de alimentos no país pode ter um déficit em torno de 11% em 2020, podendo chegar a 16% até 2070, se nenhuma providência de mitigação e adaptação às mudanças climáticas for tomada. Azevedo (2006) delimitou áreas da região Nordeste do Brasil com menor risco climático para o cultivo do algodão, baseando-se nas médias semanais de radiação solar, precipitação pluviométrica,

evapotranspiração e temperatura do ar. Apesar disso, muitos estudos ainda devem ser realizados para que se tenham evidências incontestáveis em relação ao aquecimento global e seus impactos. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA, trás em seu ‘resumo para formuladores de políticas’ (2012) que a falta de séries temporais coerentes e confiáveis sobre o estado do meio ambiente é uma grande barreira ao aumento da eficácia dos programas e políticas. Ademais, muitos dos vetores importantes de mudança ambiental ou até mesmo seus impactos não são monitorados de forma sistemática. O que dificulta a efetivação mais eficiente de políticas voltadas para a mitigação das mudanças adversas das alterações climáticas.

3.2 O algodoeiro

O algodão possui grande importância no cenário da econômica mundial, tanto no setor primário, como no secundário e terciário, em função dos produtos que se sintetiza como as fibras para a indústria têxtil, óleo comestível, farinha integral, torta e farelo para ração animal, dentre outros. Sendo cultivado em regiões áridas e semiáridas do mundo. A região semiárida do Nordeste do Brasil, de acordo com Azevedo (2007), apresenta condições climáticas favoráveis à cotonicultura, já que o algodão necessita de temperaturas ambientais na faixa de 18 a 30°C, elevadas radiação solar e insolação. Mas de acordo com Borges (2002), oferece restrições quanto à disponibilidade hídrica de origem pluvial, em função de sua grande variabilidade espacial e temporal.

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. raça *latifolium* Hutch) pertence ao grupo de plantas dicotiledôneas da família Malvaceae. É uma planta de elevada complexidade morfológica e fisiológica, tendo metabolismo fotossintético do tipo C3, com elevada taxa de fotorrespiração, superior a 40% da fotossíntese bruta, dependendo do ambiente, em especial da luminosidade e da temperatura. Quanto maiores esses dois parâmetros, mais a planta do algodão fotorrespira, desassimilando o carbono, e assim reduzindo a fotossíntese líquida. Apresenta taxa de produção de matéria seca ou taxa de crescimento da cultura baixa, menos do que 15 g/m²/dia, contra mais de 40 g/m²/dia das plantas de metabolismo C4, tendo um coeficiente de migração em torno de 20%, considerando como produção econômica o algodão em caroço (BELTRÃO, 2005). Ele

apresenta diversos mecanismos de defesa contra condições estressantes do ambiente, seja ela de origem biótica ou abiótica.

A fibra representa aproximadamente 35% do peso da produção, e a semente, 65%. A semente é rica em óleo, que depois de extraído e refinado, é utilizado na alimentação humana e na fabricação de margarina, sabão, e biodiesel, dentre outros usos. A torta, decorrente do processo de extração, é destinada à alimentação animal em função do seu alto valor proteico, de 40% a 45% em massa. O tegumento é utilizado na fabricação de certos plásticos e de borracha sintética. O línter é utilizado na indústria química de plásticos, polímeros biodegradáveis, raião e explosivos. (RICHETTI e MELO FILHO, 2001).

Apesar de cada espécie ter surgido pelos processos naturais de evolução, a atividade humana ao longo dos séculos alterou significativamente a morfologia, composição genética, e outras características dos seres domesticados (BRUBAKER et AL., 1999). Ou seja, além da seleção natural, os organismos domesticados são sujeitos a seleção humana, que afeta as condições nas quais se desenvolvem.

De acordo com Ribeiro et al. (2002), a BRS Aroeira, cultivar utilizada durante a pesquisa, é originária da linhagem BRS 96-1202, possui rotina de crescimento indeterminado, resistência ao acamamento e a densidade populacional recomendada é de 110 mil plantas por hectare. Apresenta suscetibilidade à seca e sua porcentagem de fibra é de 37,5%, comprimento de fibra de 29,4 mm e finura de fibra de 4,1 $\mu\text{g}/\text{in}$. O florescimento é iniciado em média aos 60 dias, os primeiros capulhos aparecem em média aos 112 dias, a altura média de plantas é 107 cm e o peso médio de capulho 5,5 g. Ou seja, além da seleção natural, os organismos domesticados são sujeitos à seleção humana, que afeta as condições nas quais se desenvolvem, com ciclo produtivo em média de 150 a 160 dias. No Brasil, a cultivar BRS Aroeira destaca-se entre todas as cultivares plantadas pelo seu elevado teor de óleo na semente, variando de 25% a 27 %, muito acima dos atuais teores das cultivares brasileiras (14%) em análise laboratorial (PARIDA, DAS, 2005 *apud* Silva et al., 2011).

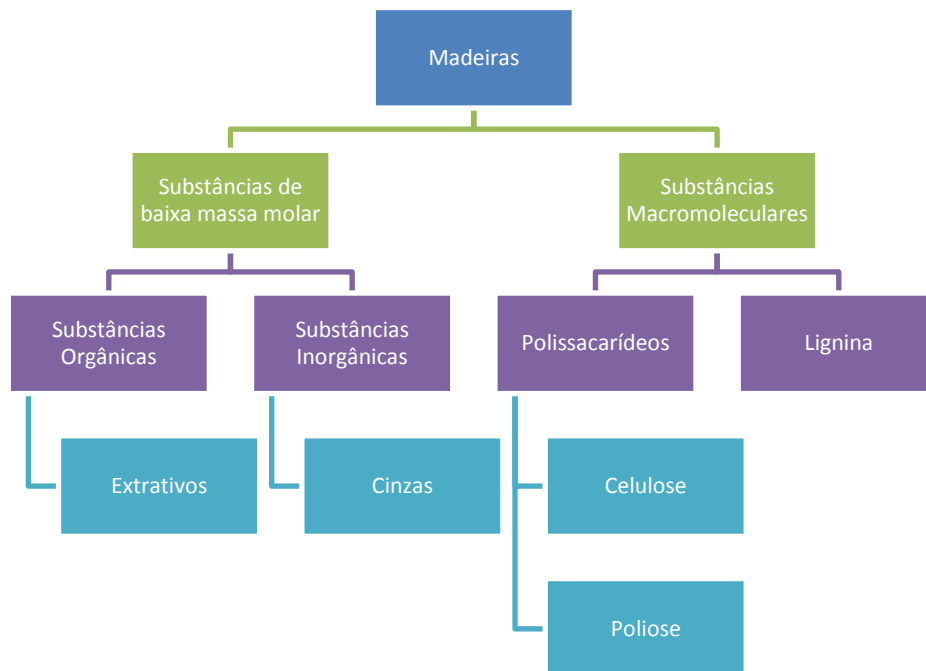
Em relação à cultura de algodão frente às mudanças previstas pelo IPCC (2007) para os próximos anos, Silva et al. (2010) pondera que se a temperatura média do ar aumentar de 1°C a 5°C nos próximos 90 anos, ou até mais, devido ao efeito

estufa conforme previsões recentes, o balanço de carbono em plantas de algodão poderá ser negativo e, assim, a espécie pode não sobreviver. “Porque a temperatura determina a taxa de desenvolvimento morfológico e de crescimento do algodoeiro (número de nós, taxa de produção de frutificação, fotossíntese e respiração)” (HERN; CONSTABLE, 1984 *apud* SILVA, 2010).

3.2.1 Componentes lignocelulósicos do caule das plantas

Análises químicas elementares fundamentam que a madeira, em base seca, é constituída de aproximadamente 50% de carbono, 6% de hidrogênio e 44% de oxigênio em massa, apresentando também traço de nitrogênio e de outros elementos. Independentemente da espécie, de diferenças genéticas ou da idade, esta composição se mantém aproximadamente constante (PENEDO, 1980 *apud* SANTOS, 2008). A madeira é definida, quimicamente, como um biopolímero tridimensional formado por celulose, hemicelulose e lignina, e uma menor quantidade de extrativos e materiais inorgânicos (ROWELL et al. 2005). A Figura 3 representa essa composição.

Figura 3 - Principais componentes químicos da madeira.



a) Extrativos

Os extrativos são compostos de baixo peso molecular, sendo encontrados principalmente na casca, geralmente formados por terpenos, óleos essenciais, resinas, fenóis, taninos, graxas e corantes (PHILIPP, 1988). A diferença qualitativa dos extrativos entre as espécies é baseada na quimiotaxonomia (ROWELL et al. 2005). Como o próprio nome já diz extrativos são substâncias químicas que podem ser extraídas usando-se solventes (SANTOS, 2008). Frequentemente, são responsáveis por determinadas características da madeira como: cor, cheiro, resistência natural ao apodrecimento, gosto e propriedades abrasivas. São, normalmente, classificados pela forma de sua extração: materiais voláteis com vapor d'água; solúveis em solventes orgânicos, solúveis em água, dentre outros (KLOCK et al. 2005).

b) Substâncias Inorgânicas – Cinzas

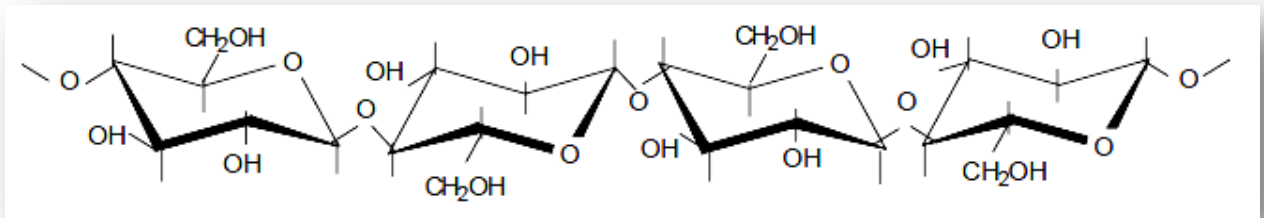
As cinzas são constituintes minerais, necessários para o crescimento das plantas, e são retirados do solo, sendo sua composição dependente das condições ambientais sob as quais a árvore cresce e da localização do mineral na planta. Os constituintes minerais compreendem principalmente potássio e cálcio, que constituem até 50% dos cátions na cinza da madeira; também são encontrados magnésio, manganês, sódio, fósforo e cloro, assim como sílica no caso de florestas tropicais. Os anions mais comuns são os carbonatos, fosfatos, silicatos e sulfatos (KLOCK et al. 2005).

c) Celulose

É caracterizada como um polímero linear de alto peso molecular, constituído exclusivamente de β -D-glucose (KLOCK et al., 2005). Em função de suas propriedades químicas e físicas, e sua estrutura supramolecular, preenche sua função como o principal componente da parede celular dos vegetais, mais precisamente na parede secundária. A concentração da celulose varia de por volta de 40%-50% em arbustos, a

65%-70% em plantas fibrosas, e a mais de 90% em fibras de algodão (IOELOVICH, 2008 *apud* MORAES, 2010). É insolúvel em solventes orgânicos, água, ácidos e álcalis diluídos, à temperatura ambiente, possuindo uma estrutura organizada e parcialmente cristalina. A fórmula de representação da celulose é apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Fórmula estereo química da celulose.

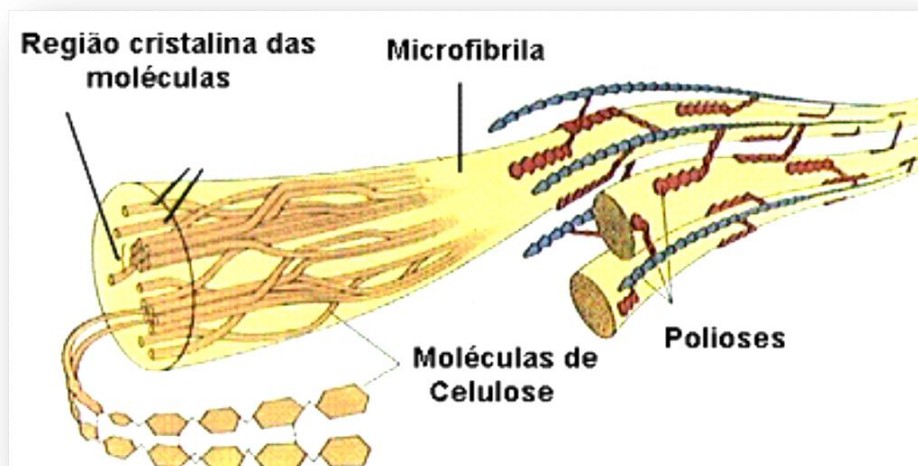


Fonte: KLOCK et al, 2005.

d) Holocelulose e Polioses (Hemiceluloses)

Holocelulose é a denominação dada para a combinação de celulose e hemicelulose (SANTOS, 2008). A Figura 5 apresenta a interação entre celulose e polioses.

Figura 5 - Ilustração esquemática da interação das moléculas de celulose.



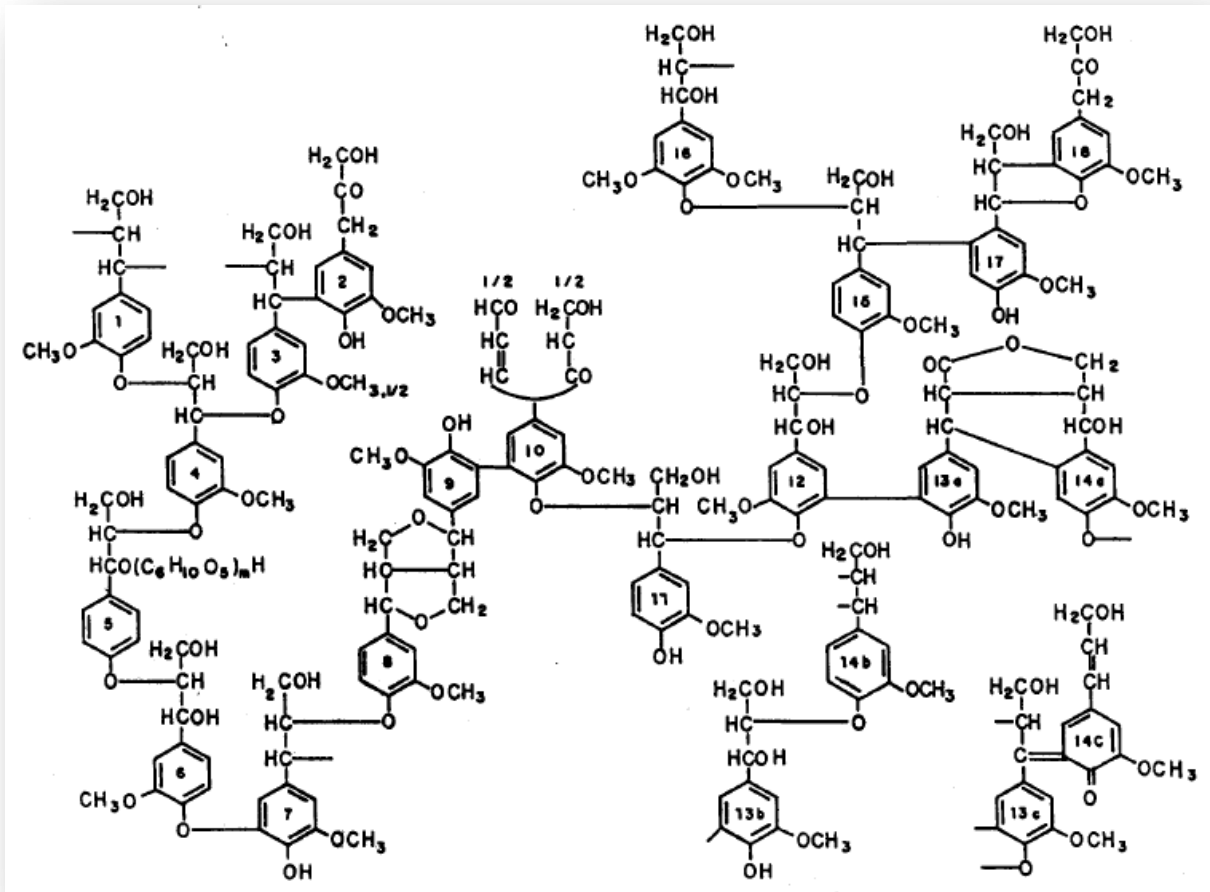
Fonte: KLOCK et al., 2005.

Enquanto que a celulose representa um polímero uniforme e bem caracterizado, a hemicelulose designa uma classe de compostos poliméricos presentes em vegetais fibrosos, que podem apresentar os seguintes constituintes: β -D-xilose, β -D-manose, β -D-glucose, α -L-arabinose, α -D-galactose, ácido β -D-glucourônico, ácido β -D-galactourônico e ácido α -D-4-metilglucourônico, dentre outros (SLÖSTRÖM, 1981). As polioses são polissacarídeos, assim como a celulose, mas ramificados e presentes em menor grau de polimerização. O teor e a proporção dos diferentes componentes encontrados nas hemiceluloses variam de espécie para espécie, assim como de árvore para árvore (PHILIPP, 1988). Estão em estreita associação com a celulose na parede celular. As cadeias moleculares são muito mais curtas que a de celulose, podendo existir grupos laterais e ramificações em alguns casos.

e) Lignina

O termo lignina vêm do latim *lignum*, que significa madeira (PILÓ – VELOSO, 1993). As moléculas de lignina são moléculas poliméricas amorfas, altamente complexas, constituída por um sistema aromático composto de unidades de fenilpropano. Suas unidades monoméricas não se repetem e encontram-se entrelaçadas por uma variedade de ligações químicas (ROWELL et al., 2005). Durante o desenvolvimento das células, a lignina (Figura 6) é incorporada como o último componente na parede, interpenetrando as fibrilas e assim fortalecendo, enrijecendo as paredes celulares (KLOCK, 2005), havendo contribuição, durante a sua formação, de fatores topoquímicos (ROWELL et al., 2005). Elas estão agregadas com as hemiceluloses, não só através de interação física como também de ligações covalentes (PHILIPP, 1988). A lignina protege a planta contra a ação de microorganismos, são responsáveis pela resistência mecânica, impermeabilização da parede celular, dentre outras funções.

Figura 6 - Esquema estrutura proposto para a lignina de *Picea abies* (madeira mole)



Fonte: (PILÓ – VELOSO, 1993).

4 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Fisiologia e Avançado de Tecnologia Química (LATECQ), localizado na Embrapa Algodão em Campina Grande - PB.

4.1 Descrição do Sistema Experimental

O sistema experimental foi executado em três partes. A primeira parte consistiu no cultivo das plantas de algodoeiro desde a germinação até sua produção, dentro de câmaras de crescimento (Phytotrons), localizadas no Laboratório de Fisiologia Vegetal, que controlam os níveis de gás carbônico (CO₂), luz, água, umidade relativa do ar e temperatura. Para este estudo foram utilizadas duas câmaras de simulação de ambientes, nos quais os parâmetros são apresentados na tabela 1.

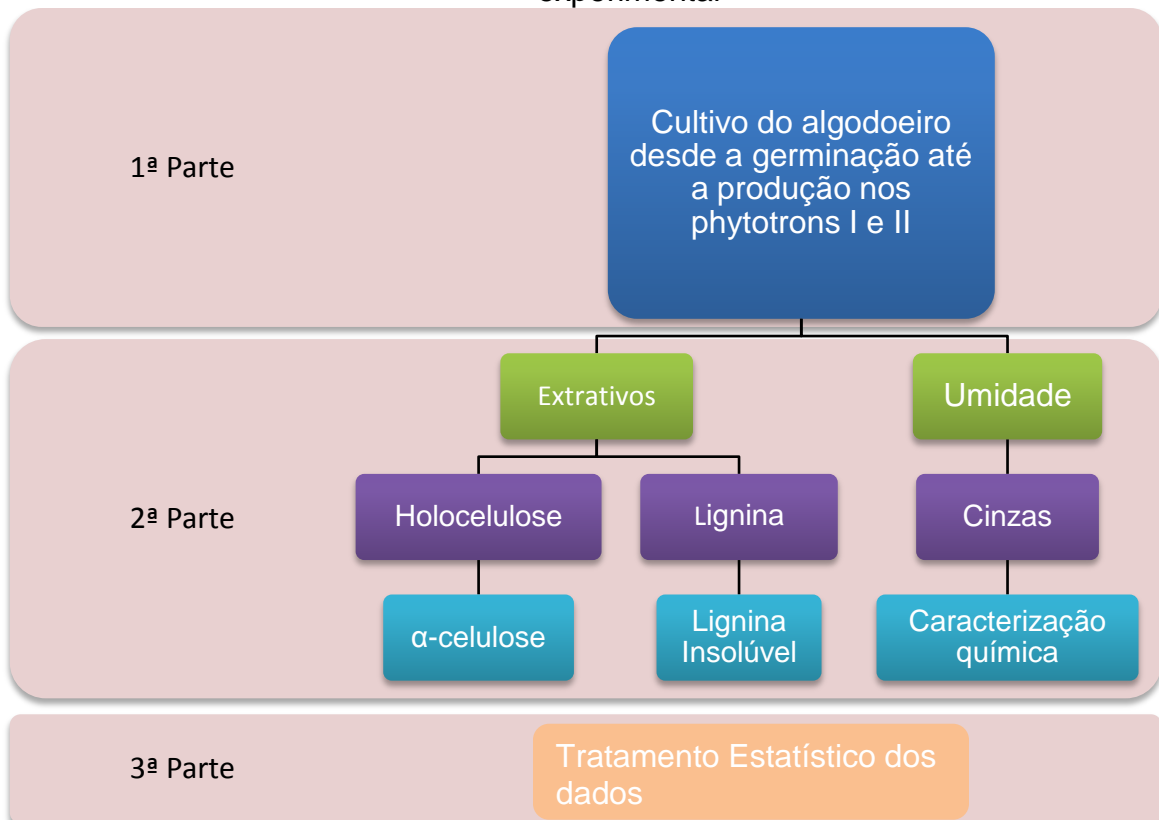
Tabela 1 - Parâmetros utilizados no cultivo do algodão nas câmaras de simulação

| Parâmetros\Câmaras | Phytotron I | Phytotron II |
|---------------------------|--------------------|---------------------|
| Espécie | BRS - Aroeira | BRS-Aroeira |
| Temperatura (°C) | 31/21 | 38,7/28,7 |
| CO ₂ | Ambiente (440ppm) | Ambiente (440ppm) |
| Umidade relativa do Ar | 60% | 60% |
| Fotofase | 12/12 h | 12/12 h |

A segunda parte da experimentação abrange a parte de análise lignocelulósica do caule das plantas que foram cultivadas nos phytotrons. Os procedimentos para a análise lignocelulósica foram executados segundo as metodologias citadas por Moraes (2010). Referente aos procedimentos para a determinação do teor de umidade, cinzas, extrativos, lignina, holocelulose e alfacelulose. Para ambas as análises, foram utilizadas Equipamentos de Proteção Individual - EPIs em todas as etapas dos processos para evitar tanto danos ao operador como também reduzir erros associados à manipulação inadequada dos materiais pelo

operador. Todos os resíduos gerados foram acondicionados e tratados de forma adequada. Foram realizadas três séries em triplicata para a amostra de cada phytotrons (sendo essas previamente, colhidas, secas em estufa e trituradas até apresentarem granulometria $\leq 0,5\text{mm}$), com a finalidade de se obter um conjunto de resultados satisfatórios para o tratamento estatístico. Esta consiste na terceira parte do sistema experimental. No tratamento estatístico foi analisada, a média, o desvio padrão, o coeficiente de variação e o erro padrão, assim como, teste de Tukey a 5% de diferença. A Figura 7 apresenta o diagrama de análise e etapas executadas durante o procedimento experimental.

Figura 7 - Diagrama das etapas e processos executados durante o processo experimental



4.2 Procedimento Experimental

4.2.1 Determinação do teor de Umidade

Para avaliar o teor de umidade, que representa o teor de água presente na amostra, pesou-se na balança analítica cada um dos cadinhos, previamente lavados e secos em estufa a $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 1,5 horas e resfriados em dessecador com sílica gel por 30 minutos. Depois, efetivou-se a pesagem de aproximadamente 1,5000 gramas da amostra diretamente em cada cadinho. Depois, os conjuntos recipiente/amostra úmida foram expostos a aquecimento em estufa a $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Após esse período os conjuntos recipiente/amostra seca foram resfriados em dessecador contendo sílica gel durante 30 minutos e, posteriormente, avaliados seu peso em balança analítica. A quantidade de umidade é dada pela diferença da massa da amostra úmida pela massa da amostra seca. E a percentagem de umidade para cada amostra foi obtida através da equação 1.

1

Onde, MRAU – massa do conjunto recipiente/amostra úmida; MRAS – massa do conjunto recipiente/amostra seca; MAU – massa da amostra úmida; e TU% - teor de umidade em percentagem.

4.2.2 Determinação da quantidade de Cinzas

A análise da quantidade de cinzas, que representam a quantidade de minerais presentes na amostra, é realizada em mufla. Os cadinhos foram previamente lavados e secos em estufa a $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 1,5 horas e resfriados em dessecador com sílica gel por 30 minutos. Transcorrido o tempo procedeu-se a pesagem dos cadinhos e depois das amostras após o ensaio de umidade. Os conjuntos amostra/recipiente seco foram acondicionados em um forno mufla à temperatura ambiente. Foi empregado um programa de aquecimento de aproximadamente $9,6^{\circ}\text{C}/\text{min}$, para que a temperatura de

trabalho de 600°C fosse atingida em 1h, mantida por 3 horas, e transcorrido esse tempo a temperatura deveria decair para 200°C em no mínimo uma hora. Atingida a temperatura de 200°C os cadinhos foram retirados e colocados em dessecador por 30 minutos e depois posteriormente pesados. O teor de cinzas é então calculado pela equação 2.

2

Onde: MRAC - massa do conjunto recipiente/amostra calcinada; MR – massa do recipiente; MRS – massa da amostra seca; e TC% teor de cinzas totais.

As cinzas obtidas durante o processo de calcificação foram coletadas em eppendorfs e enviadas para serem caracterizadas quimicamente através da Espectroscopia de raios X por dispersão em energia (EDX ou EDS).

4.2.3 Determinação do teor de Extrativos

De acordo com Moraes (2010), os extrativos são definidos como compostos que podem ser extraídos de materiais lignocelulósicos, tanto por solventes polares quanto por apolares, que não são componentes estruturais da parede celular. Para a determinação do teor de extrativos utilizou-se de uma aparelhagem por extração em soxhlet. Previamente foram colocados papéis de filtros na estufa para proceder à secagem dos mesmos durante 1,5 horas a $105 \pm 2^\circ\text{C}$. Em seguida, eles foram pesados e, depois, foram depositados pelo menos 4,0000g de material vegetal em cada recipiente de papel. Posteriormente, foram adicionados 150 mL de uma solução extratora de hexano e álcool etílico 95 °GL (1:1) em cada um dos balões de vidro, contendo bolinhas de ebulição e iniciou-se a extração. Os conjuntos balões-extratores foram assentados em manta aquecedora e extraídos durante 5 horas (Figura 8).

Figura 8 - Sistema de extração em Soxhlet.



Após esse tempo, os conjuntos de papéis/amostra foram transferidos para estufa por 24 horas. E os balões contendo solvente e extrativos foram submetidos a um processo de recuperação do solvente. Transcorrido o tempo de secagem na estufa, os conjuntos secos papel/amostra sem extrativos foram transferidos para dessecador durante 30 minutos, e, posteriormente pesados. O teor de extrativos foi obtida a partir da equação 3.

3

Onde, MA – massa da amostra; MPF – massa do papel de filtro; MPSE – massa do conjunto papel/amostra sem extrativos; e TE% - teor de extrativos percentual.

Como os dados obtidos fazem referência a amostra seca, tornou-se necessário realizar mais um cálculo, com a finalidade de corrigir os valores obtidos por meio da equação 3, através da equação 4.

4

Onde, TU% - teor de umidade.

4.2.4 Determinação de Lignina

A lignina é a substância aromática que está presente na parede celular, conferindo suporte estrutural, impermeabilidade e resistência contra ataques microbianos e estresse oxidativo (PEREZ *et al.*, 2002). Para a determinação de lignina pesou-se aproximadamente 1,0000g da amostra sem extrativos e umidade. Essa massa foi transferida para um almofariz com capacidade de 300mL e depois adicionou-se 17mL de ácido sulfúrico 72%(m/m), previamente resfriado em geladeira de 10°C a 15°C previamente. Submeteu-se a mistura a trituração vigorosa e cuidadosa com pistilo durante 15 minutos até não haver mais partículas visíveis não solubilizadas. Transcorrido esse tempo começou-se a marcar 24 horas de espera, para o início da próxima etapa (Figura 9).

Figura 9 - Amostras em período de digestão de 24 horas.



Para dar-se início à próxima etapa, procedeu-se a lavagem do funil de vidro sinterizado – ASTM tipo C ou 4 –, que tenha uma abertura de poro de 10 µm a 16 µm, com capacidade de pelo menos 130 mL, colocando-o pelo menos por duas horas em uma estufa a 105±2 °C. A seguir, o funil foi guardado em um dessecador com sílica gel

até o momento da utilização. Após completar o tempo de digestão (24 horas), adicionou-se 306 mL de água destilada ao almofariz para diluir o ácido sulfúrico a 4%(m/m), transferindo-se quantitativamente o conteúdo para um balão de 500 mL, em várias porções. Depois, o balão foi acondicionado em uma manta aquecedora conectado a um condensador por quatro horas, contados a partir do início da fervura. Findo o tempo de aquecimento e refluxo, iniciou-se o processo de filtração da mistura, averiguando, primeiramente, o peso do funil. O processo de transferência do conteúdo do balão para o funil foi feito com agitação constante para evitar perdas de precipitado. Uma porção do filtrado foi recolhido em um frasco âmbar e resfriado e acondicionado em geladeira para a determinação de lignina solúvel. Após a retirada dessa alíquota processou-se o enxágue do balão para que nenhum resquício de lignina insolúvel fosse perdido. Em seguida, processou-se o enxágue do precipitado recolhido no funil até que o filtrado apresentasse pH semelhante ao da água destilada utilizada. A seguir, o funil foi levado para uma estufa a $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Após o tempo de secagem, o funil foi transferido para um dessecador com sílica gel por 30 minutos até esfriar e, depois, foi verificada sua massa. O teor de lignina insolúvel é efetuado através da resolução das equações 5 e 6.

5

Onde, MFL – massa do funil somada à massa da lignina, após a secagem em estufa; MF – massa do funil limpo e seco; MA – massa da amostra sem umidade e extrativos e TLI% - teor de lignina insolúvel.

Como a massa da amostra encontrava-se sem umidade ou extrativos faz-se necessário à efetivação de mais um cálculo para corrigir o teor de lignina insolúvel.

6

Onde, TE% - teor de extrativos corrigido; TU% - teor de umidade corrigido.

4.2.5 Determinação de Holocelulose

Inicialmente, para a determinação dos carboidratos poliméricos totais presentes em uma célula vegetal, a holocelulose, os funis de vidro sinterizado (ASTM 2, com abertura de poro de 40 μ m a 100 μ m e capacidade de 150mL) foram lavados. Após a lavagem, os funis foram colocados para secar em estufa por 1,5horas a 105 \pm 2 $^{\circ}$ C. Depois, ficaram em dessecador contendo agente dessecante até o momento de utilização. Em um erlenmeyer de 250mL foram adicionados aproximadamente 3,0000g de material vegetal seco, sem umidade nem extrativos e 120mL de água destilada. Em uma capela de exaustão preparou-se um banho de óleo de algodão para que se mantivesse a temperatura a 70 \pm 2 $^{\circ}$ C. Após esse processo transferiu-se o erlenmeyer para o banho de óleo e adicionou 2,5g de clorito de sódio (NaClO₂), com pureza de aproximadamente 80%, 1 mL de ácido acético glacial, com pureza > 99,85%, e uma barra magnética para garantir uma agitação constante durante a reação. Em seguida, o conjunto foi tampado com um erlenmeyer de 25 mL e aquecido por uma hora sobre um agitador magnético ligado. Transcorrido esse tempo adicionou-se mais 2,5g de clorito de sódio e 1 mL de ácido acético, sob aquecimento de 70 \pm 2 $^{\circ}$ C por mais uma hora. Transcorrido esse tempo adicionou-se mais 2,5g de clorito de sódio e mais 1mL de ácido acético e deixou-se o processo de reação sob aquecimento em banho por mais três horas. Findo esse tempo, que totalizaram 5 horas de processo de degradação oxidativa da lignina (Figura 10), providenciou-se um banho de gelo, no qual se adicionou o erlenmeyer foi mantido por 30 minutos.

Figura 10 - Processo de degradação oxidativa da lignina.



Em seguida, providenciou-se a aparelhagem de filtração, composta por um kitasato de 1000 mL, um conector de borracha e uma bomba de vácuo. Em seguida verificou-se o peso do funil de vidro sinterizado e depois se iniciou o processo de filtração do conteúdo do erlenmeyer (Figura 11). Este foi lavado com água destilada para não ocorrer perdas de holocelulose e o precipitado recolhido no funil foi lavado com água destilada até que o filtrado tivesse pH próximo ao da água destilada usada no processo de lavagem. A seguir, o funil foi transferido para estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24h. Transcorrido esse tempo, retirou-se o funil com para o dessecador contendo sílica em gel, permanecendo por um período de 30 minutos. Decorrido este tempo procedeu-se a pesagem do funil para avaliar o peso. Por meio da equação 7 avalia-se o teor de holocelulose presente nas amostra.

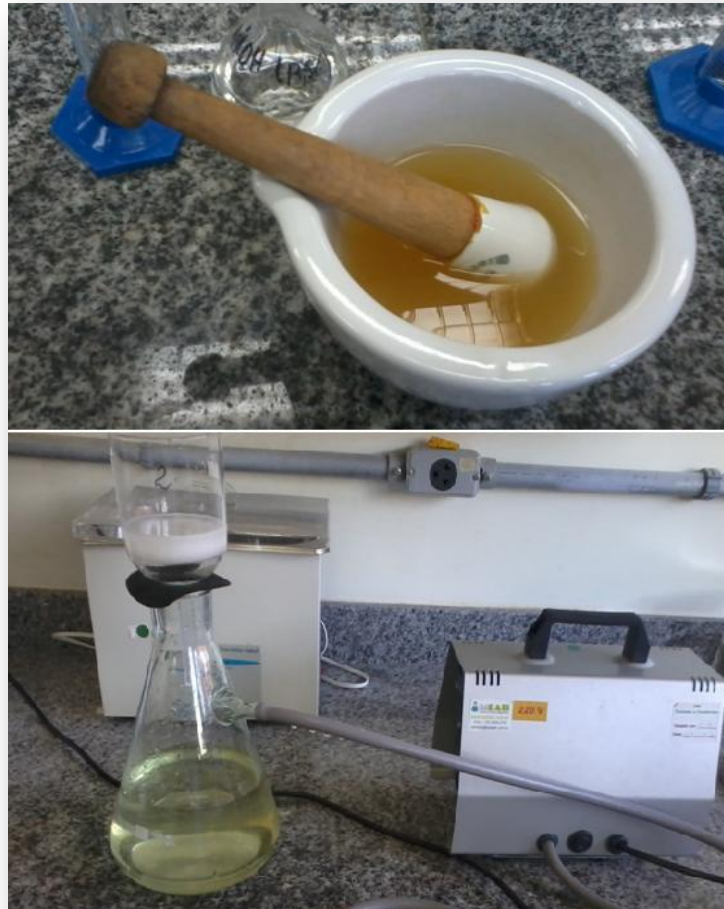
Onde, MFH – massa do funil somada à massa de holocelulose, após a secagem em estufa; MF – massa do funil limpo e seco; MA – massa da amostra; TH% teor de holocelulose.

Como a massa da amostra encontrava-se sem umidade e extrativos, faz-se necessário a efetivação de mais um cálculo para corrigir o teor de extrativos obtidos através da equação 8. Considerando, TE% - teor de extrativos corrigido e TU% - teor de umidade corrigido.

4.2.6 Determinação de α -celulose

Para a determinação da quantidade de celulose, alfacelulose, presente na amostra, inicialmente procedeu-se a lavagem do funil de vidro sinterizado (ASTM tipo M ou 2 – que tem uma abertura de poro de 40 μ m a 100 μ m, com capacidade \geq 50 mL). Em seguida, colocou-o para secar em estufa por duas horas a 105 \pm 2°C. Depois de concluída essa etapa, transferiu-se o funil para um dessecado contendo sílica gel por pelo menos 30 minutos, ou até o momento da sua utilização. A próxima etapa a ser executada foi à preparação da aparelhagem de filtração que apresentava como componentes, o funil de vidro sinterizado (que teve sua massa aferida antes da sua manipulação), um kitasato de 1000 mL, um conector de borracha e uma bomba de vácuo. Que será conectada ao kitasato para iniciar o processo de filtração. Pesou-se cerca de 1,0000g da holocelulose seca, e transferiu-a para um almofariz com capacidade de pelo menos 100 ml, à temperatura ambiente. Em seguida, adicionou-se 15 ml de uma solução de NaOH a 17,5%(m/m), deixando-a em contato com o material por 2 minutos. Transcorrido o tempo procedeu-se a trituração da holocelulose durante 8 minutos. Em seguida, adicionou-se 40 ml de água destilada ao almofariz, transferindo o conteúdo, quantitativamente, para o funil e procedendo-se a filtração (Figura 12).

Figura 11 - Processo de análise do teor de α -celulose.



Para garantir que todo o precipitado fosse recolhido no funil, procedeu-se a lavagem com água destilada do almofariz transferindo o conteúdo para o funil. Após esse processo continuo lavando o precipitado com água destilada até que o filtrado apresentasse pH próximo ao da água destilada utilizada no processo. Atingido essa etapa, acondicionou-se o funil em uma estufa a $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Transcorrido esse tempo, transferiu o funil para dessecador com agente dessecante para resfriar, depois, procedeu-se a pesagem. A determinação do teor de alfacelulose nas amostras foi calculado através das equações dadas posteriormente.

Onde, MFA – massa da alfacelulose após secagem em estufa; MF – massa do filtro; e MAH – massa de holocelulose.

Com base no teor corrigido de holocelulose (TH% corrigido) foi obtido o teor corrigido de alfacelulose através da equação 10.

10

O valor do Teor percentual corrigido de hemicelulose (The%corrigido) é dado através da diferença entre o teor de holocelulose corrigido (TH%corrigido) e o teor percentual de alfacelulose corrigido (TA%corrigido) conforme equação 11.

11

4.3 Tratamento Estatístico

Os dados obtidos através da realização das três séries em três replicatas foram submetidos a análises estatísticas: média, desvio padrão, erro, coeficiente de variação e coeficiente de confiança. E também, os dados foram submetidos à análise de variância dos valores médios das amostras, através do Teste de Tukey com nível de significância de 5% (ANOVA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados da Caracterização lignocelulósica

A Tabela 2 apresenta os valores médios percentuais para cada um dos componentes lignocelulósicos estudados e seus respectivos erros.

Tabela 2 - Composição lignocelulósica do caule da cultivar BRS-Aroeira**.

| Componente | Phytotron I | Phytotron II |
|---|---------------------------------------|----------------|
| | Teor Percentual (Médio ± Erro padrão) | |
| Umidade | 11,21 ± 0,16 | 11,14 ± 0,16 |
| Cinzas | 4,20 ± 0,06 a | 4,07 ± 0,02 b |
| Extrativos | 11,80 ± 0,45 | 12,21 ± 0,29 |
| Holocelulose (Hemicelulose + alfacelulose) | 42,56 ± 1,67 | 42,13 ± 2,16 |
| Alfacelulose | 21,17 ± 0,18 | 21,31 ± 0,33 |
| Hemicelulose | 21,29* | 20,82* |
| Lignina | 13,47 ± 0,09 b | 15,47 ± 0,05 a |
| TOTAL | 83,24% | 85,02% |

*medido indiretamente, coletado a partir da diferença entre teores de holocelulose e alfacelulose; Médias nas linhas com letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de diferença.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 2 podemos averiguar, baseando-se na aplicação do teste de Tukey, que as variações da temperatura podem influenciar na composição química das plantas. O phytotron II, que apresentava condições ambientais que simulava o aquecimento global, apresentou redução no teor de cinza, o que podemos supor que a planta absorveu menos minerais do solo. Também podemos avaliar através dos dados da Tabela 2 que houve um aumento do teor de lignina. O que pode estar associada à necessidade da planta em produzir mais lignina para impermeabilizar ainda mais a parede celular e diminuir mais a perda de água; Outra condição possível em relação a esse aumento de lignina pode considerar que a planta absorveu mais carbono, e formou mais lignina, que tem maior conteúdo de carbono em massa do que os carboidratos.

As demais componentes utilizadas não apresentaram diferença significativa quando aplicado o teste de Tukey para comparar o phytotron I e o phytotron II.

Em relação ao somatório percentual de todas as análises não chegou mais próximo dos 100% pois faltou analisar o teor de lignina solúvel, assim como averiguar a presença de outros tipos de extrativos. Também é necessário salientar que tais componentes são considerados os principais componentes dos caules das plantas, mas não os únicos.

5.2 Caracterização química das cinzas

As cinzas foram submetidas a ensaios através de Espectroscopia de raios X por dispersão em energia (EDX ou EDS), que é uma técnica analítica usada para a análise elementar ou caracterização química de uma amostra. Os resultados obtidos durante os ensaios são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise mineralógica das cinzas do caule da cultivar BRS-Aroeira provenientes do phytotron I e do phytotron II.

| | Phytotron I | Phytotron II |
|------------------------------------|-------------|--------------|
| Analyte | Result (%) | Result (%) |
| K₂O | 57,302 | 55,516 |
| CaO | 26,991 | 25,904 |
| Cl | 5,886 | 6,743 |
| SO₃ | 5,068 | 4,587 |
| P₂O₅ | 2,641 | 4,636 |
| MgO | 1,148 | 1,49 |
| Fe₂O₃ | 0,310 | 0,521 |
| SiO₂ | 0,246 | 0,228 |
| SrO | 0,186 | 0,172 |
| ZnO | 0,078 | 0,084 |
| CuO | 0,055 | 0,057 |
| MnO | 0,046 | |
| Rb₂O | 0,026 | |
| Br | 0,017 | |

Fonte: Laboratório de Eletroquímica e Corrosão, UAE-CES-UFCG, Cuité-PB, Brasil

Como podemos avaliar na Tabela 3, as amostras obtidas através da composição química do caule do phytotron II apresentaram deficiências minerais em relação aos minerais apresentados nas amostras provenientes do phytotron I, ausências de óxido de manganês (MnO), óxido de rubídio (Rb₂O) e bromo (Br). Podemos averiguar um aumento do teor de P em quase 75% em relação ao controle, phytotron I. O que pode indicar um aumento no metabolismo, que aumenta a exigência da planta em P.

6 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos durante o decorrer das experimentações podemos argumentar que as variações na temperatura influenciam na composição química do caule das plantas da cultivar BRS-Aroeira. Pois, as componentes lignina e cinzas apresentaram proporções diferentes nos caules das plantas do algodoeiro estudado em função das condições ambientais as quais foram submetidas. Dessa forma, a compreensão desses resultados a um determinado tipo de estresse, no nosso caso, as variações da temperatura, se configuram de extrema e relevância importância para o desenvolvimento das cultivares. Assim, torna-se evidente e necessária a geração de mais estudos e conhecimento sobre a previsão dos efeitos das mudanças climáticas sobre as principais culturas brasileiras, gerando cenários prováveis e analisando medidas ou adaptação a eles. No nosso caso possibilitar o desenvolvimento de cultivares de algodão com menor sensibilidade a temperaturas elevadas.

REFERÊNCIAS

- ABRAPA. **Estatísticas: o algodão no Brasil**. Disponível em: < <http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/Algodao-no-Brasil.aspx>> Acessado em: 15 de agosto de 2012.
- ASSAD, E.D. e LUCHIARI Jr., 1989. **A future scenario and agricultural strategies against climatic changes: the case of tropical savannas**. In: Mudanças Climáticas e Estratégias Futuras. USP. São Paulo. SP. Outubro de 1989.
- ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; **Aquecimento Global e Cenários Futuros da Agricultura Brasileira**. *Revista Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção agrícola no Brasil*, Embaixada Britânica, 2008. 82 p. Disponível em: < <http://www.agritempo.gov.br/climaeagricultura/> >. Acesso em:18/11/2012.
- AMORIM NETO, M. S. & BELTRÃO N. E. M. **Determinação da época de irrigação em algodoeiro herbáceo por via climatológica**. Embrapa Algodão, Campina Grande-PB, Comunicado Técnico, 34, 17p. 1992.
- AZEVEDO, P. V.; SILVA, F. D. S. **Risco Climático para o Cultivo Do Algodoeiro na Região Nordeste Do Brasil**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.3, 408-416, 2007.
- BARRETO, A. N.; BELTRÃO, N. E. M.; BEZERRA, J. R.C. & LUZ, M. J. S. **Configuração de plantio na cultura do algodoeiro herbáceo irrigado por sulcos**. Campina Grande - PB: EMBRAPA-CNPA, 1994. 7p. (EMBRAPA -CNPA.Pesquisa em andamento, 18).
- BELTRÃO, N. E. M. **Fisiologia do Algodoeiro: Aspectos Fisiológicos na Produção e na Qualidade da Fibra do Algodoeiro**. In: V Congresso Brasileiro do Algodão, 2005, Salvador. **Anais**.Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2005.Palestra. Disponível em: < http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/index.html>. Acessado em 01 de novembro de 2012.
- SILVA, C. A. D. da; BELTRAO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D. **Mudanças climáticas e o cultivo do algodoeiro em sistema adensado no cerrado brasileiro**. In: O SISTEMA de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso: embasamento e primeiros resultados: atas do workshop de Cuiabá. p. 65-89. Cuiabá : Defanti Editora, 2010.

BORGES, P. F. **Crescimento, Desenvolvimento e balanço de radiação de algodoeiro herbáceo BRS – 201 em condições irrigadas.** 2002. 99 f. Dissertação de Mestrado em Meteorologia – Universidade de Campina Grande, Campina Grande. 2002.

BRUBAKER, C. L.; BOURLAND, E. M.; WENDEL, J. E. **The origin and domestication of cotton.** In: SMITH, C., W.; COTHREN, J. T. Cotton – origin, history, technology and production. Canadá: Ed. John Wiley e Sons, Inc., 1999. P. 3-4.

DOW, Kirstin & DOWNING, Thomas E. **O atlas da mudança climática – O mapeamento completo do maior desafio do planeta.** São Paulo, Publifolha, 2006.

IOELOVICH, M. **Cellulose as a nanostructured polymer: a short review.** BioResources, v.3, n.4, p. 1403-1418, 2008.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **An introduction to simple climate models used in the IPCC second assessment report.** ISBN 92-9169-101-1. 47 pg. OMM/WMO - PNUE/UNEP, February, 1997.

_____. **Climate change 2007 The physical science basis.** Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 33p.

KLOCK, Umberto; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da Madeira.** 3ª Ed. UFPN – DETF, Curitiba, 2005.

MORAIS, João Paulo Saraiva. **Procedimentos para análise lignocelulósica.** / por João Paulo Saraiva Morais, Morsyleide de Freitas Rosa e José Manoel Marconcini. EMBRAPA Algodão, documento 254. Campina Grande, PB. 2010.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. **Salt tolerance and salinity effects on plants: a review.** Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, Lavras, v. 13, n. 3, p. 270-284, 2001.

PENEDO, W. R. **Uso da madeira para fins energéticos.** Belo Horizonte. Fundação CETEC, 1980.

PEREZ, J.; MUÑOZ – DORADO, J.; DE LA RUBIA, T. de La; MARTÍNEZ, J. **Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: na overview.** International Microbiology, v.2, n. 5, p. 53-63, 2002.

PHILIPP, P. D'ALMEIDA, M.L. O. **Celulose e Papel.** Volume I. Tecnologia de fabricação da Pasta Celulósica. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo – Centro Técnico em celulose e papel. São Paulo, 1988, Segunda edição.

PILÓ- VELOSO, D.; NASCIMENTO, E. A.; MORAIS, S. A. L. **Isolamento e análise estrutural de ligninas.** Química Nova, 16(5), 1993. Disponível em: < [http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1993/vol16n5/v16_n5_%20\(9\).pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1993/vol16n5/v16_n5_%20(9).pdf)> Acessado em 03 de Novembro de 2012.

PINTO, H. S; Zullo JR., J. e Zullo, S.A. 1989. **Oscilações Pluviométricas Temporais no E.** S.Paulo. Anais do VI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Maceió, Al. pp: 29-33. Soc. Bras. Agrometeorologia.

PINTO, H.S., Assad, E. D., Zullo JR., J., Brunini, O., Evangelista, B.A. **Impacto do Aumento da Temperatura no Zoneamento Climático do Café nos Estados de São Paulo e Goiás.** Avaliação dos cenários do IPCC. XII Congresso Brasileiro de grometeorologia; pp: 605-606. Fortaleza,2001.

PINTO, H. S., ASSAD, E. D., ZULLO JR., BRUNINI, O. **O Aquecimento Global e a Agricultura.** Revista Eletrônica do Jornalismo Científico, Comciência – SBPC, v. 35, p. 1-6, 2002.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; ZULLO JR, J.; ÁVILA, A. M. H. **Variabilidade Climática.** In: HAMADA, E. (Ed.). Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. cap. I, 1 CD-ROM.

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Resumo para Formuladores de Políticas.** GEO₅ – Panorama Ambiental global. Disponível em: < http://www.pnuma.org.br/admin/publicacoes/texto/GEO5_RESUMO_FORMULADORES_POLITICAS.pdf > Acessado em: 02 de Novembro de 2012

RIBEIRO, J. L.; FREIRE, E. C.; FARIAS, F. J. C.; ANDRADE, F. P.; COSTA, J. N. da; MEDEIROS, J. C.; SANTANA, J. C. F. de. **Cultivares de algodoeiro herbáceo**

recomendadas para os cerrados do Meio-Norte do Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. (Comunicado Técnico, 139).

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G. A. **Aspectos socioeconômicos do algodoeiro.** In: Algodão: tecnologia de produção/ Embrapa Algodão. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. P. 11-22.

ROWELL, R. M.; PETTERSEN, R.; HAN, J. S.; ROWELL, J. S.; TSHABALALA, M. A. **Cell Wall Chemistry. Capítulo 03 do livro Handbook of Wood Chemistry.** Editado por Roger M. Rowell. Editora Taylor & Francis Group. New York, 2005.

SANTOS, I. D. (2008) **Influência dos Teores de Lignina, Holocelulose e Extrativos na densidade básica e contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado.** [Distrito Federal] 2008. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. Publicação EFL – 091/2008. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. Brasília, DF.

SILVA, C. A. D. da; BELTRAO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D. **Mudanças climáticas e o cultivo do algodoeiro em sistema adensado no cerrado brasileiro.** In: O SISTEMA de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso: embasamento e primeiros resultados: atas do workshop de Cuiabá. Cuiabá : Defanti Editora, 2010. p. 65-89

SILVA, D. M.; ROCHA, M. S.; SOUZA, S. S.; BELTRÃO, N. E. M.; FERRAZ, R. L. S.; LIMA, M. S. R.; MENSES, B. S. S. **Teor de carboidratos solúveis em algodoeiro BRS aroeira submetido a diferentes níveis de salinidade.** CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. Evolução da cadeia para Construção de um setor forte: Anais. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011. p.557-561. (CD-ROM).

SIQUEIRA, O.J.F.; Farias, J.R.B. and Sans, L.M. A. 1994. **Potential effects of global climate change for brazilian agriculture and adaptative strategies for wheat, maize and soybean.** Revista Brasileira de Agroclimatologia. Santa Maria. V.2, pp: 115-129.

SIQUEIRA, O. J. W., Steinmetz, S., Ferreira, M.F., Costa, A.C., Wozniak, M. A. 2000. **Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e re exos na produção agrícola brasileira.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 8, n. 2, p.31 1-320, 2000.

SIQUEIRA, O. J. F. **Efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas.** In: Lima, M. A. De; Cabral, O. M. R.; Miguez, J. D. G. (Ed) *Mudanças Climáticas globais na agropecuária brasileira.* Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. 2001. P.65-96.

SIRVINSKAS, L. P. **Externalidades Negativas do Aquecimento Global.** Revista JUSTITIA - Procuradoria Geral da Justiça – São Paulo, ano 65, n.199, 2008. Disponível em: <

http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/1/docs/texto_para_debate_minicurso_questoes_atuais_do_meio_ambiente.pdf > Acessado em: 22 de agosto de 2012.

SLÖSTRÖM, E. **Wood Chemistry: Fundamentals and Applications.** New York: Academic, 223p., 1981.

WOLKOVICH, E. M.; COOK, B. I.; ALLEN, J. M.; et al. **Warming experiments underpredict plant phenological responses to climate change.** Revista Nature 485, 494–497, doi:10.1038/nature11014, maio. 2012. <

<http://www.nature.com/nature/journal/v485/n7399/full/nature11014.html> >. Acessado em: 18 de agosto de 2012.

WORLD BANK. **Irrigation and dreanage research**, v. 1, 21p.,1990.