



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**Avaliação do teor do óleo vegetal do pequi (*Caryocar brasiliense*) extraído por
solvente e da estimativa da biomassa viva acima do solo no Parque Estadual
do Lajeado – Palmas – Tocantins**

Aluno: Adriano Silva Pinto

Orientador: Gláucia Eliza Gama Vieira

Co-Orientador: José Gerley Diaz Castro

**PALMAS/TO
2010**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

Avaliação do teor do óleo vegetal do pequi (*Caryocar brasiliense*) extraído por solvente e da estimativa da biomassa viva acima do solo no Parque Estadual do Lajeado – Palmas – Tocantins

Aluno: Adriano Silva Pinto

Orientador: Gláucia Eliza Gama Vieira

Co-Orientador: José Gerley Diaz Castro

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Agroenergia (Tecnologias de transformação)

**PALMAS/TO
2010**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca da Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Palmas

P695a

Pinto, Adriano Silva

Avaliação do teor do óleo vegetal do pequi (*Caryocar brasiliense*) extraído por solvente e da estimativa da biomassa viva acima do solo no Parque Estadual do Lajeado – Palmas – Tocantins / Adriano Silva Pinto. – Palmas, 2010.
65 p.

Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Tocantins,
Mestrado em Agroenergia – Tecnologias de transformação.
Orientadora: Profa. Gláucia Eliza Gama Vieira.

1. Estimativa da Biomassa. 2. Extração do óleo vegetal. 3. REDD. 4 Agroenergia. I Título. II Vieira, Gláucia Eliza Gama. III. Universidade Federal do Tocantins.

CDD 662.88

Bibliotecária: Emanuele Eralda Pimentel Santos
CRB 2 - 1309

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

Avaliação do teor do óleo vegetal do pequi (*Caryocar brasiliense*) extraído por solvente e da estimativa da biomassa viva acima do solo no Parque Estadual do Lajeado – Palmas – Tocantins

Aluno: Adriano Silva Pinto

COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente:

Gláucia Eliza Gama Vieira, Doutorado

Examinadores:

Erich Collicchio, Doutorado (Universidade Federal do Tocantins)

Angélica Ribeiro Soares, Doutorado (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

Data da defesa: 30/09/2010

As sugestões da Comissão Examinadora e as Normas PGA para o formato da Dissertação foram contempladas.

**Gláucia Eliza Gama Vieira
Orientadora**

Aos meus amados pais;
Aos meus queridos irmãos;
À minha esposa.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de toda a inspiração e Engenheiro da minha jornada;

À Universidade Federal do Tocantins, por proporcionar todo o necessário para a realização do presente estudo;

À Professora Gláucia Eliza Gama Vieira, por ter me repassado grande parte do meu conhecimento e ter me auxiliado na realização deste trabalho;

Ao Professor Gerley Diaz Castro, por todo o apoio;

Aos Professores Erich Collicchio e Angélica Ribeiro Soares, pelas contribuições;

Aos meus pais Lázaro Pinto Neto e Maria de Fátima da Silva Pinto, por tudo já me oferecido. Por terem sonhado e por terem depositado em mim o seu próprio sucesso. Vocês são muito importantes para mim;

Aos meus queridos irmãos Mac David e Alan Monteiro, por todo o amor e carinho;

À minha esposa Aline, por tudo o carinho, compreensão e paciência. Suas virtudes me fizeram mais confiante para a finalização desse estudo;

Aos meus familiares que direta e indiretamente contribuíram e ainda contribuem para a minha formação;

Aos colegas e amigos do NATURATINS, em especial ao presidente Sr. Stalin Júnior, aos diretores Sr. Kelson e Sra. Marissônia, ao Fabrício e a todos os amigos da Coordenadoria de Monitoramento de Atividades e Empreendimentos, pela compressão por minhas ausências e por todo o auxílio em diversas ocasiões;

Aos amigos da Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, Dyego e Soraya;

Aos professores do colegiado do Mestrado em Agroenergia, por todo o conhecimento repassado;

Aos colegas do LEDBIO, UFRJ e UFRN, pelo auxílio nas análises;

À Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Tocantins pela concessão da bolsa de estudos através do Programa de Apoio à Pós-Graduação – PAPG.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
RELEVÂNCIA E OBJETIVOS	4
REVISÃO DE LITERATURA	5
1. O PEQUI	5
2. MÉTODOS PARA EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL	8
2.1. Extração por solvente.....	8
2.2. Extração mecânica.....	11
2.3. Extração por liquefação enzimática e extração por microondas	12
2.4. Extração supercrítica.....	13
3. MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DO ESTOQUE DE CARBONO E DA BIOMASSA FLORESTAL	14
4. O MECANISMO REDD (REDUÇÃO DA EMISSÃO POR DESMATAMENTO E DEGRADAÇÃO FLORESTAL).....	17
MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	22
2. ESTIMATIVA DA BIOMASSA	22
3. COLETA DOS FRUTOS E EXTRAÇÃO DO ÓLEO VEGETAL.....	26
4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS E ANÁLISES DE CORRELAÇÃO....	28
5. ESTIMATIVA DO RENDIMENTO DE ÓLEO VEGETAL POR HECTARE.....	28
6. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO VEGETAL	28
RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXO A – Espectros do óleo vegetal de pequi para indivíduos de pequi.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição percentual de ácidos graxos da polpa e amêndoa de pequi.	7
Tabela 2 – Especificações dos óleos vegetais de soja, pequi e diesel, do biodiesel de pequi e do diesel de petróleo.	8
Tabela 3 – Análise de Variância para o teor de óleo vegetal do pequi.....	36
Tabela 4 – Valores médios do teor de óleo vegetal do pequi.....	37
Tabela 5 – Cenários propostos da estimativa do rendimento do óleo (kg/ha).....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do caroço do pequi, com a polpa, espinhos e amêndoa (adaptado de Aquino, 2007).	6
Figura 2 – Extrator do tipo Soxhlet	11
Figura 3 – Distribuição dos indivíduos dentro da parcela amostral.	24
Figura 4 – Frutos armazenados e identificados.....	26
Figura 5 – Fluxograma do processo de extração do óleo vegetal.....	27
Figura 6 – Distribuição de frequência do diâmetro e altura dos indivíduos.	30
Figura 7 – Correlação entre a Altura e o Diâmetro dos indivíduos de pequi.	30
Figura 8 – Distribuição de frequência da Biomassa Viva Acima do Solo.	31
Figura 09 – Distribuição de frequência do Estoque de Carbono.	33
Figura 10 – Correlação entre a Biomassa Viva Acima do Solo e o diâmetro dos indivíduos.	34
Figura 11 – Médias dos teores de óleo vegetal por indivíduo.	35
Figura 12 – Distribuição de frequência do teor de óleo vegetal por indivíduo.	35
Figura 13 – Espectro do óleo vegetal de pequi para o indivíduo nº 31 obtido por meio da metólise	41

RESUMO

Dentre os vários tipos de biomassas utilizadas para a produção de óleo vegetal, como a soja, o girassol e o babaçu, destaca-se o pequi (*Caryocar brasiliense*). Esse fruto possui características físico-químicas semelhantes às aquelas encontradas nos óleos vegetais tradicionalmente utilizados para a produção de biodiesel, e principalmente por ser uma biomassa extrativista, cujo óleo vegetal obtido a partir da mesma não concorre de forma acentuada com o mercado alimentício, devido ao baixo preço no mercado, em média inferior ao de soja. As ações humanas têm provocado diversas alterações ambientais, ocasionando assim fenômenos como o aquecimento global, causando principalmente pelo aumento nas concentrações de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) devido ao uso do solo, à agropecuária e à utilização dos combustíveis fósseis. Como forma de reduzir os impactos ambientais causados pelo aquecimento global, foram criados mecanismos como o MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e o REDD – Redução de Emissão por Desmatamento e Degradação Florestal, mecanismo esse que tem o potencial para mitigar as emissões de Gases do Efeito Estufa a custos baixos e ao mesmo tempo pode gerar financiamento pela conservação das florestas. Dessa forma, a estimativa da biomassa viva acima do solo e do estoque de carbono são informações imprescindíveis nas questões ligadas às áreas de manejo florestal e de clima, em função de que com essa estimativa é possível se identificar a contribuição das florestas na redução de gases do efeito estufa na atmosfera. Assim, o presente estudo tem por objetivo avaliar o teor do óleo vegetal do pequi (*Caryocar brasiliense*) e a estimativa da biomassa viva acima do solo no Parque Estadual do Lajeado, em Palmas, Tocantins, visando-se dar subsídio para a conservação ambiental e para a produção de biocombustíveis através da utilização de biomassas extrativistas. Foi realizada a estimativa da biomassa viva acima do solo para indivíduos de pequi em uma área no Parque Estadual do Lajeado – Tocantins. Foi realizada também a extração do óleo vegetal do pequi através da metodologia *Soxhlet* visando-se identificar o teor do óleo vegetal do pequi, e com esses dados foi estimada a produção de óleo vegetal de pequi por hectare. O teor de óleo vegetal médio no caroço de pequi foi de $30,51 \pm 7,39\%$, e os valores obtidos de Biomassa Viva Acima do Solo e de Estoque de Carbono foram de 2,34 e 1,17 toneladas por hectare. A estimativa da BVAS e do estoque de carbono e a quantificação do rendimento do óleo vegetal do pequi em áreas de cerrado podem contribuir para a inserção dessas áreas dentro do mecanismo REDD, principalmente em função do acúmulo de carbono nas mesmas e em função do potencial do óleo vegetal do pequi de ser usado como matéria prima para produção de biodiesel.

Palavras-chave: 1. Estimativa da Biomassa. 2. Extração de óleo vegetal. 3. REDD. 4. Agroenergia

ABSTRACT

Among the various types of biomass used to produce vegetable oil such as soybean, sunflower and babassu stands out pequi (*Caryocar brasiliense*). This fruit has physicochemical characteristics similar to those found in vegetable oils commonly used for biodiesel production, and mainly because it is a biomass extraction, whose vegetable oil obtained from the same non-competes sharply with the food market due to low market price below the average soybean. Human actions have caused many environmental changes, thus causing such phenomena as global warming, caused mainly by rising concentrations of methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) due to land use to agriculture and the use of fossil fuels. In order to reduce the environmental impacts caused by global warming have been established mechanisms like the CDM - Clean Development Mechanism and REDD - Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation, a mechanism that has the potential to mitigate emissions of GHGs at low cost and at the same time can generate funding for forest conservation. Thus, the estimate of living biomass above the soil (LBAS) and carbon storage are indispensable information on issues related to areas of forest management and climate, according to the estimate that it is possible to identify the contribution of forests in reducing greenhouse gas of greenhouse gases in the atmosphere. Thus, this study aims to evaluate the content of the vegetable oil pequi (*Caryocar brasiliense*) and the estimate of living biomass above the soil in the Lajeado State Park, Palmas, Tocantins, aiming to give support to environmental conservation and the production of biofuels through the use of biomass extraction. We performed the estimation of living biomass above ground for individuals pequi in an area in Lajeado State Park - Tocantins. Was also performed to extract vegetable oil pequi by *Soxhlet* methodology aimed at identifying the content of the vegetable oil pequi, and with these data was estimated production of vegetable oil per hectare pequi. The average oil content in vegetable seed pequi was $30.51 \pm 7.39\%$, and the values of above ground living biomass and carbon stock were 2.34 and 1.17 ton per hectare. The estimate of LBAS and carbon stock and quantifying the performance of vegetable oil pequi in savannah areas can contribute to the inclusion of these areas within the REDD mechanism, mainly due to the accumulation of carbon in them and because of the potential oil vegetable pequi be used as feedstock for biodiesel production.

Keywords: 1. Estimation of Biomass. 2. Extraction of vegetable oil. 3. REDD. 4. Bioenergy.

INTRODUÇÃO

As ações decorrentes das atividades econômicas e industriais têm provocado alterações na biosfera, resultando no aumento da concentração de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera desde a Revolução Industrial, sendo um dos principais problemas ambientais atuais. A alteração da concentração dos mesmos poderá desencadear um aumento da temperatura média no planeta em até 5,8°C nos próximos 100 anos, bem como o aumento nas concentrações de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) devido ao uso do solo, à agropecuária e à utilização dos combustíveis fósseis (IPCC, 2001; 2007).

O Protocolo de Quioto introduziu os instrumentos necessários para auxiliar o cumprimento das metas de redução de emissões visando o desenvolvimento de um mercado de carbono para a redução da emissão de gases do efeito estufa: a Implementação Conjunta, o Comércio de Emissões e o MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (GODOY E PRADO JÚNIOR, 2007). No MDL, o comércio de créditos de carbono é estimulado tendo como base projetos de seqüestro ou mitigação de GEE, através dos quais países desenvolvidos compram créditos de carbono de países em desenvolvimento responsáveis (BRASIL, 2006). Apesar da introdução dessas medidas, um grave problema continua a atingir o planeta atualmente, o lançamento de GEE a partir das queimadas de florestas nativas, sendo em alguns casos, como no Brasil, a fonte principal de lançamento desses gases. Como consequência dessa realidade impactante, a partir de 2008 as discussões a cerca da necessidade de complementação do mecanismo de Quioto, que não prevê ações para a conservação de florestas, e de introdução de um novo processo que contemple a Redução da Emissão por Desmatamento e

Degradação Florestal, (REED) começaram a ser enfatizadas por países como Austrália, Brasil, Canadá, China, Colômbia, dentre outros, mostrando-se como mais uma opção de contribuição para diminuição do lançamento desses gases e de uso sustentável dessas florestas, como por exemplo, para produção de produtos naturais, destacando-se os óleos vegetais para aplicação na agroindústria (LANG et al., 2001; GODOY E PRADO JÚNIOR, 2007; PARKER et al., 2008 e ANDERSON, 2009).

As florestas oferecem grande potencial, em curto prazo, para remoção de CO₂ da atmosfera. Entretanto, embora diversos estudiosos defendam a incorporação da conservação de florestas nativas no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (NOBRE e NOBRE, 2000; FEARNSIDE, 2000), a conservação florestal, ou seja, a manutenção de florestas protegidas, não é válida no âmbito do MDL para a geração de créditos de carbono, em função de que projetos de desmatamento evitado ou emissões evitadas foram excluídos dentre aqueles elegíveis para a obtenção de créditos de carbono durante a COP-7 (Conferências das Partes) em 2001 (SEDJO et al., 1998; LAMARCA JÚNIOR et al. 2008).

Em função disso, na COP 13, foi proposto um instrumento pós 2012 em complemento ao MDL, que é conhecido como Redução das Emissões de Desmatamento e Degradação Florestal, ou REDD. A idéia básica do REDD é simples: os países em desenvolvimento que conseguirem reduzir a emissão de gases do efeito estufa por diminuição do desmatamento podem ser financiados para compensação pela conservação das florestas, sendo uma ferramenta para que esses países quebrem a tendência histórica de desmatamento. O REDD apresenta potencial para mitigar as emissões de GEE a custos baixos e ao mesmo tempo pode gerar financiamento pela conservação das florestas (PARKER et al., 2008; ANDERSON, 2009).

Neste contexto, o uso de óleos vegetais para a produção de biocombustíveis, em substituição ao petróleo, produzidos localmente com menos impactos ambientais, apresentam-se como principal fator para o desenvolvimento do consórcio entre a conservação de florestas, redução de queimadas e uso sustentável dos bioprodutos. Na visão de Vicente et al. (2004), o biodiesel produzido à partir de matérias primas renováveis tem uma redução significativa

nas emissões de gases do efeito estufa em comparação com o diesel à base de petróleo, levando à redução a intensidade do efeito estufa ao longo do tempo. Além disso, a plantação e conservação de florestas têm sido recomendadas como uma das medidas para se evitar ou pelo menos diminuir o efeito de estufa causado pelo aumento das concentrações de gases do efeito estufa na atmosfera, e assim as estimativas de biomassa e estoque de carbono são informações imprescindíveis nas questões ligadas às áreas de manejo florestal e de clima, em função de que com essa estimativa é possível se identificar a contribuição das florestas na redução de gases do efeito estufa na atmosfera (HIGUCHI et al., 1998; HIGUCHI et al., 2004; URBANO et al., 2008).

Dentre os vários tipos de biomassas utilizadas para a produção de óleo vegetal, como a soja, o girassol e o babaçu, destaca-se o pequi (*Caryocar brasiliense*) em função das seguintes características: produção anual de amêndoa na ordem de 5.500 toneladas anuais (IBGE, 2008), teor de óleo na amêndoa na faixa de 50% e na polpa em torno de 61% (DABDOUB et al., 2003; AQUINO, 2007), características físico-químicas semelhantes àsquelas encontradas nos óleos vegetais tradicionalmente utilizados para a produção de biodiesel, e principalmente por ser uma biomassa extrativista, cujo o óleo vegetal obtido a partir da mesma não concorre de forma acentuada com o mercado alimentício, devido ao baixo preço no mercado, em média inferior ao valor do óleo vegetal de soja (DEUS, 2008).

RELEVÂNCIA E OBJETIVOS

Apesar de alguns estudos apontarem o teor do óleo vegetal do pequi na amêndoa e na polpa, é necessário se conhecer o teor do óleo vegetal do pequi em todo o fruto (incluindo-se polpa, amêndoa e outras partes), bem como se estimar ou quantificar o rendimento do óleo vegetal de pequi por hectare, visando-se identificar o potencial da utilização do mesmo para a produção de biodiesel. Da mesma forma, é necessário se estimar ou quantificar a biomassa viva acima do solo e o estoque de carbono para o pequi visando-se a conservação de áreas do cerrado através da utilização do óleo vegetal para produção de biocombustíveis e em função do serviço de estocagem de carbono e biomassa nessas áreas.

Dessa forma, o presente estudo tem por objetivo avaliar o teor do óleo vegetal do pequi (*Caryocar brasiliense*) e avaliar a estimativa da biomassa viva acima do solo no Parque Estadual do Lajeado, em Palmas, Tocantins, visando-se dar subsídio para a conservação ambiental e para a produção de biocombustíveis através da utilização de biomassas extrativistas.

REVISÃO DE LITERATURA

1. O PEQUI

O pequi é um fruto proveniente de uma planta arbórea da família Caryocaraceae, gênero *Caryocar* L. Existem aproximadamente vinte espécies dessa planta, sendo a *Caryocar brasiliense* Camb. encontrada com maior incidência no Brasil, especialmente no cerrado. Do pequizeiro utilizam-se todas as suas partes: madeira, casca, folhas, raiz, fruto e amêndoa, com emprego específico para produção de móveis, tintas, ornamentação, uso medicinal, na indústria cosmética, alimentação e mais recentemente de biocombustíveis. Devido a sua ampla utilização, é considerada uma espécie de grande interesse econômico (ALMEIDA et al., 1994; ARAÚJO, 1995; MARQUES, 2001; SANTOS, 2004; AQUINO, 2007).

O pequizeiro pertence à Classe: Magnoliopsida; Ordem: Malpighiales; Família: Caryocaraceae; Gênero: *Caryocar*; Espécie: *Caryocar* spp. É uma árvore típica dos chapadões areníticos. Ocorre em áreas de cerrado, assim como em zonas de transição destes para a floresta Amazônica, para a caatinga e o pantanal estando presente nos Estados de Goiás, Maranhão, Piauí, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Bahia, Distrito Federal, São Paulo (LORENZI, 2002; BRANDÃO e ROCHA, 2004). A Figura 1 apresenta o caroço do pequi.

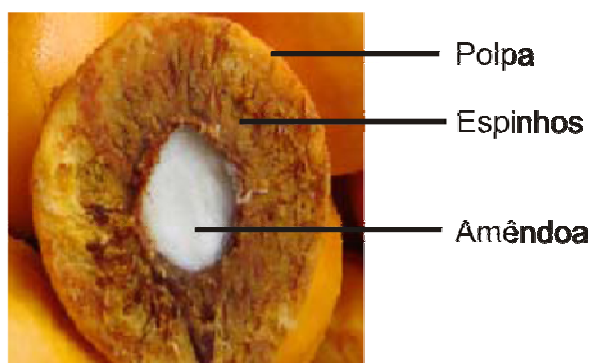


Figura 1 – Representação do caroço do pequi, com a polpa, espinhos e amêndoa (adaptado de Aquino, 2007).

Segundo Souza e Salviano (2002) e Peixoto (1973), a produção dos pequizeiros adultos, em condições naturais, pode variar de 500 a 2.000 frutos por planta por ano. As áreas onde predominam cambissolos e litossolos apresentam maior densidade de plantas de pequizeiro quando comparadas com as de latossolos. Estudos realizados mostram um menor número de plantas de pequizeiro por hectare em latossolo vermelho-amarelo, bem como em latossolo vermelho-amarelo concrecionário, com uma média de 36 pequizeiros/ha. Latossolo vermelho-escuro, entretanto, apresentam 61,75 pequizeiros/ha, em média. Em litossolo e cambissolo pode ocorrer um expressivo aumento do número de plantas. Estudos realizados por Santana e Naves (2003) na região sudeste do estado de Goiás apresentaram 121 e 147,4 pequizeiros por hectare em solos do tipo litossolo e o cambissolo respectivamente.

De acordo com Antunes et al. (2006), o pequi possui alto conteúdo de ácidos graxos saturados, o que corresponde a uma adaptação evolutiva, por parte da planta, na busca por maior obtenção de energia, aproveitando o fato das elevadas temperaturas das regiões de cultivo permitirem que os triacilglicerídeos saturados estejam presentes de forma líquida, biodisponível. Araújo (1995) demonstrou que os ácidos graxos presentes em maior teor na polpa do pequi foram o ácido palmítico (39%) e o oléico (54%). Já Lima et al. (2007) encontraram valores de ácido palmítico de 61% e oléico de 52%, estando o ácido oléico presente em maior concentração na polpa (56%). O quadro 01 apresenta a

comparação da composição percentual de ácidos graxos da polpa e amêndoa do pequi identificado por Lima et al. (2007), Facioli e Gonçalves (1998) e Brasil (1985). Os dados da Tabela 1 mostram uma grande variação na composição de ácidos graxos na polpa e na amêndoa do pequi.

Tabela 1 – Composição percentual de ácidos graxos da polpa e amêndoa de pequi.

Ácidos Graxos	Nº Carbonos	Polpa ¹	Polpa ²	Polpa ³	Amêndoa ¹
Láurico	C12:0	0,04	nd.	nd.	nd.
Mirístico	C14:0	0,13	nd.	nd.	0,46
Palmítico	C16:0	35,17	40,2	34,4	43,76
Palmitoleico	C16:1	1,03	1,4	2,1	1,23
Esteárico	C18:0	2,25	2,3	1,8	2,54
Oléico	C18: 1 n-9	55,87	53,9	57,4	43,59
Cis-vacênico	C18:1 n-7	1,90	nd.	nd.	1,38
Linoleico	C18:2	1,53	1,5	2,8	5,51
Alfa-linolênico	C18:3	0,45	0,7	1,0	0,09
Araquídico	C20:0	0,23	0,2	nd.	0,20
Gadoléico	C20:1	0,27	nd.	nd.	0,04

Fontes: ¹ Lima et al. (2007); ² Facioli e Gonçalves (1998); ³ Brasil (1985); nd. - Não detectado.

O óleo vegetal extraído do pequi possui características físico-químicas semelhantes às dos óleos vegetais comumente utilizados para a produção de biodiesel. O biodiesel obtido a partir do óleo de pequi pode ser comparado ao diesel e ao biodiesel obtido a partir de outras biomassas, conforme a Tabela 2. Os resultados indicam o alto potencial de aplicação do pequi para a produção de combustíveis renováveis (COSTA NETO et al., 2000).

Tabela 2 – Especificações dos óleos vegetais de soja, pequi e diesel, do biodiesel de pequi e do diesel de petróleo.

Características	Óleo vegetal			Biodiesel		
	Soja	Pequi	Óleo diesel	Soja	Pequi	Óleo diesel
Poder calorífico (kcal/kg)	9421	9330	10950	9610	9590	10824
Ponto de névoa (°C)	13	26	0	6	8	1
Índice de cetano	36-39	38	40	57,8	60	45,8
Densidade a 25 °C (g/cm ³)	0,9251	0,9102	0,8497	0,8780	0,8650	0,8497
Viscosidade a 37,8 °C	36,8	47	2,0-4,3	4,5	5,2	3,04
Destilação a 90% (°C)	370	nd.	338	360	346	373
Teor de Cinzas (%)	nd.	0,01	0,014	0,006	0,01	0,014
Cor (ASTM)	nd.	2,0	2,0	1,0	1,0	2,0
Resíduo de carbono (%)	0,54	nd.	0,35	0,1	0,01	0,35

nd. – Não determinado.

Tabela adaptada de Costa Neto et al. (2000)

Para a produção de biodiesel de qualidade é importante que sejam conhecidas as propriedades físico-químicas do óleo a ser utilizado como matéria prima. Essas propriedades podem ser dependentes da biomassa de origem e dos métodos de extração do óleo, que se traduzem em óleos de diferentes composições e com percentuais distintos de cada ácido graxo no óleo. O tópico seguinte apresenta uma revisão dos métodos de extração de óleo vegetal.

2. MÉTODOS PARA EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL

Para White (1992), a diversidade de fontes de oleaginosas implica uma grande variabilidade nos teores de óleo, sendo que a prensagem e extração por solventes são os principais processos usados para a extração de óleos e gorduras de sementes oleaginosas.

2.1. Extração por solvente

Conforme Aquino (2007), inúmeros trabalhos sobre metodologias de extração por solvente de óleo vegetal de biomassas foram realizados, principalmente na década de 1950. As pesquisas objetivavam estudar o

mecanismo da extração por solvente para projetar equipamentos e controlar os parâmetros envolvidos, otimizando assim o processo. Nesses trabalhos, o estudo da extração abrange toda a área de alimentos, destacando a extração de óleos vegetais, tais como os de soja, algodão, milho e amendoim. O solvente mais utilizado é o hexano, sendo também citados o etanol, o isopropanol e o tricloroetileno.

A extração por solvente (ou extração sólido-líquido) é uma operação unitária simples, na qual se obtêm uma solução preferencial de um soluto, como o óleo, pelo contato com um solvente líquido. A extração envolve a dissolução seletiva, como ou sem difusão, ou solubilização. O constituinte solúvel pode ser sólido ou líquido, podendo estar incorporado dentro, combinado quimicamente, adsorvido, ou mecanicamente preso na estrutura porosa do material insolúvel. Ele pode ser maciço ou poroso, ou, mais frequentemente, particulado, em que as partículas podem ter poros, células com paredes celulares permeável seletivamente, ou superfície ativada (O'BRIEN, 2004). Essa metodologia de extração consiste na adição de um solvente, que geralmente é o hexano, à massa contendo o óleo a ser extraído. Com essa mistura, o óleo se dissolve no solvente formando uma "miscela" que é separada do resíduo. A miscela é então destilada, separando-se o solvente do óleo (LAWSON, 1995; MEDRANO, 2007). Dentre os diversos métodos para extração de óleo vegetal por solvente, normalmente é utilizado a metodologia de *Soxhlet* com emprego de hexano com solvente, em escala laboratorial e industrial (VIROT et al., 2007; AQUINO, 2009).

As principais vantagens que o método de *Soxhlet* apresenta são: a amostra está sempre em contato com o solvente, havendo sua constante renovação; a temperatura do sistema mantém-se relativamente alta, visto que o calor aplicado para o processo de evaporação é constante; é uma metodologia muito simples que não requer treinamento especializado e que possibilita a extração de uma quantidade maior de óleo em relação a outros métodos, sem a necessidade de filtração da miscela após o término da extração, pois a amostra esteve envolta no cartucho durante todo o procedimento (LUQUE DE CASTRO e GARCÍA-AYUSO, 1998; BRUM, 2009).

A escolha do solvente é um fator importante no processo de extração sólido-líquido. algumas características devem ser atentamente analisadas para que o processo seja viável (TREYBAL, 1981). Os fatores mais importantes são:

- seletividade: habilidade do solvente para extrair o soluto do material em estudo;
- viscosidade: alta viscosidade do solvente reduz a taxa de transferência de massa, influenciando o grau e a velocidade de extração;
- densidade: as densidades de duas fases devem ser diferentes para facilitar a separação das mesmas;
- volatilidade: solventes mais voláteis são mais fáceis de recuperar, diminuindo os custos do processo. Entretanto, deve-se ter cuidado com perdas do solvente durante a extração do óleo;
- ponto de ebulição: é um fator limitante para a temperatura do processo de extração. Deve-se trabalhar a temperaturas inferiores, ao seu ponto de ebulição, para evitar perdas do solvente;
- inflamabilidade: propriedade importante do que diz respeito à segurança;
- toxidez: aspecto extremamente importante na escolha do solvente e pode ser considerada sob três níveis: risco para o operador, risco quando liberado ao meio ambiente e risco para o consumidor;
- custo: deve ser analisado com detalhes, para se estimar os custos de operação em cada caso e selecionar o mais viável. Esta análise não deve ser feita independente dos outros fatores, pois um solvente mais barato pode não ser muito efetivo (AQUINO, 2007).

A Figura 2 apresenta o extrator do tipo *Soxhlet*, comumente utilizado para a extração do óleo vegetal.



Figura 2 – Extrator do tipo Soxhlet

2.2. Extração mecânica

Conforme Li (2002), a extração mecânica é baseada em princípios físicos. O volume da matéria prima é significativamente reduzido; o óleo é forçado a sair; traços de água são evaporados; a viscosidade do óleo decresce continuamente; e os sólidos, pigmentos e compostos coloidais são inseridos gradualmente. Adicionalmente, uma série de reações químicas ocorre: a estrutura coloidal é parcialmente danificada, proteínas são desnaturadas e podem reagir com outros componentes. Ao mesmo tempo, compostos instáveis da composição das proteínas e ácidos livres podem ser decompostos, o que contribui para a contaminação do óleo.

Nas plantas de extração mecânica, conforme Mafart e Beliard (1994) normalmente utiliza-se o processo de extração contínua, sendo encontrados diversos tipos de prensas. Este tipo de equipamento é caracterizado por apresentar um eixo helicoidal que prensa o material contra as paredes de um cilindro, composto por malhas perfuradas ou barras metálicas. Através de

regulagem, a pressão máxima pode ser ajustada, propiciando a saída do material prensado.

Conforme Pighinelli et al. (2008), a prensagem contínua de grãos oleaginosos é um método rápido, fácil e de baixo custo para a obtenção de óleos, sendo uma alternativa viável para pequenas comunidades de agricultores. A eficiência deste método é bem inferior àquela conseguida pelo tradicional método de extração por solvente, sendo afetada diretamente pelas condições iniciais dos grãos, como o teor de umidade e temperatura, e por aspectos construtivos da prensa, como dimensionamento do seu eixo e da gaiola. O rendimento em óleo é afetado por parâmetros construtivos da prensa, como dimensionamentos do eixo sem fim e da gaiola, pressão aplicada e pelo tempo de prensagem, e também pelo preparo prévio da matéria-prima a ser processada, como temperatura de prensagem e teor de umidade das amostras.

2.3. Extração por liquefação enzimática e extração por microondas

Uma tecnologia mais moderna para a extração de óleo propõe o uso de enzimas para auxiliar no rompimento da parede celular que envolve o óleo. Os processos industriais de extração de óleo que utilizam enzimas, em geral, causam baixo impacto ambiental, reduzem o consumo de energia e aumentam a qualidade do produto final. O uso de enzimas na extração de óleos vegetais foi pesquisado intensamente nas últimas décadas e foi aplicado para todas as oleaginosas de interesse comercial. O tratamento enzimático tem se mostrado eficiente na degradação das paredes dos tecidos vegetais, propiciando maior rendimento na extração de óleos, melhoria na qualidade nutricional da torta e aumento na estabilidade do produto final (SANTOS e FERRARI, 2005).

A aplicação da tecnologia enzimática na indústria de óleos pode ser feita por extração aquosa ou extração combinada. Na extração combinada, o extrato enzimático é adicionado durante a etapa de cozimento, antes da prensagem do grão ou polpa, proporcionando uma pré ruptura do tecido celular e aumentando o rendimento da prensagem. Já na extração aquosa a matéria prima é submetida a um pré-processamento que, em geral, consiste na diluição e trituração á quente para inativação das enzimas naturais e preparo de uma emulsão homogênea. A seguir, a mistura é transferida para um reator onde a enzima é adicionada ao

substrato mantido sob incubação (COURI e FREITAS, 1997). O custo das enzimas é um fator negativo associado aos processos de extração enzimática. O uso de enzimas hidrolíticas na extração de óleos vegetais em escala comercial está restrito à obtenção do óleo de oliva visto que o valor comercial deste produto justifica os custos operacionais com catalisadores enzimáticos. O custo elevado das enzimas se deve ao monopólio exercido na sua comercialização. Várias pesquisas estão sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas no Brasil com o objetivo de viabilizar o uso da tecnologia enzimática em diversos setores da indústria.

Diversos estudos (COURI e FREITAS, 1997; ROSENTHAL et al., 2000) demonstraram que as enzimas produzidas por fermentação semisólida, utilizando linhagem de *Aspergillus niger*, apresentam atividades poligalacturonase, celulase cristalina, carboximetilcelulase, α -amilase e protease. Estas enzimas possuem características hidrolíticas e foram aplicadas com sucesso na extração aquosa de óleo de abacate, tucumã, açaí e palma. Recentemente, constatou-se que o controle dos principais parâmetros como tempo, concentração de enzima, temperatura de incubação e o uso do complexo enzimático na forma de extrato bruto podem viabilizar o custo da extração (FREITAS et al., 2002).

Conforme Virot et al. (2007), a extração de óleo vegetal por microondas é um processo simples e pode ser facilmente operacionalizado. Entretanto, a aplicação de energia microondas pode ser perigosa se manipulado incorretamente, e um nível de segurança e atenção bem como um planejamento adequado deve ser realizado para a utilização do microondas como método para extração do óleo vegetal.

2.4. Extração supercrítica

O processo de extração supercrítica consiste em usar um fluido supercrítico, quando suas condições de temperatura e pressão em que se encontram são maiores que os seus valores críticos. As variações das propriedades de estado acima do ponto crítico podem ser intensas, causando diferentes efeitos em solutos e reagentes (SANDLER, 1989 apud BRAGA, 2005). O poder de solvatação de um solvente aumenta não somente a solubilidade de um certo produto, como o número de compostos solubilizáveis. Os aromas e óleos essenciais são extraídos utilizando-se o solvente em condições próximas ao

seu ponto crítico, enquanto que oleoresinas de especiarias e óleos vegetais são extraídas em condições de altas pressões, acima do ponto crítico (BROGLE, 1982 apud BRAGA, 2005).

O fluido supercrítico possui densidade semelhante à de um líquido e compressibilidade de um gás, portanto maior poder de solvatação. A densidade pode ser alterada com pequenas variações de pressão e/ou temperatura, o que permite controlar as condições para extração em processo supercrítico, visto que a solubilidade é função direta da variação de densidade (FILLIPI, 1982 apud BRAGA, 2005). Dentre os fluídos usados em SFE, o CO₂ é o mais usado por ser de fácil manipulação, possuir valores relativamente baixos de temperatura e pressão críticas, 31,2 °C e 73,8 bar respectivamente, ser um bom solvente e ser miscível com outros solventes, ter baixa toxicidade, ser inerte, não inflamável, não corrosivo e ter moderado custo (SOVOVÁ, 1994; STAUB, 1997; BRAGA 2005).

3. MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DO ESTOQUE DE CARBONO E DA BIOMASSA FLORESTAL

Biomassa pode ser definida como toda matéria orgânica produzida a partir de processos bioquímicos: florestas, resíduos da agricultura, processos industriais agrícolas, resíduos das atividades humanas e industriais (lodo de estação de tratamento de efluentes industriais e domésticos). Biomassa é energia solar indireta, o sol é a fonte utilizada pelos vegetais para a realização da síntese dos compostos orgânicos a partir de substâncias simples, como o dióxido de carbono e a água (VIEIRA, 2004).

Os estudos de biomassa são feitos com propósitos variados, como por exemplo, para a quantificação da reciclagem de nutrientes, para a quantificação da biomassa para fins energéticos, como base de informação para estudos de fixação e seqüestro de carbono. Em todos os casos são de grande importância para a tomada de decisões de gestão dos recursos florestais (PÁSCOA et al., 2004).

Um importante fator que impulsiona o estudo da biomassa florestal é o seu papel no seqüestro de carbono. A plantação de florestas tem sido recomendada como uma das medidas para se evitar, ou pelo menos diminuir, o efeito de estufa causado pelo aumento das concentrações de gás carbônico na atmosfera

terrestre, e a obtenção de estimativas confiáveis de taxas de desmatamento e de estoques de carbono da vegetação é essencial para estimar a quantidade de carbono, emitida ou seqüestrada, no tempo e no espaço (HIGUCHI et al., 2004). As estimativas da Biomassa Viva Acima do Solo (BVAS) e a quantificação do estoque de carbono podem ser obtidas por métodos diretos (destrutivo) ou indiretos (não destrutivo) (WATZLAWICK, KOEHLER e KIRCHER, 2006).

O método direto (destrutivo) consiste na derrubada e pesagem de todas as árvores que ocorrem em parcelas fixas. É um método mais acurado e eficaz, mas é praticamente impossível determinar a biomassa de cada árvore, e, em geral, trabalhos que utilizam o método direto baseiam-se em poucas e pequenas parcelas tendenciosamente escolhidas. Isso ocorre devido a dificuldade de repetição do trabalho levando a escolha de um sítio mais denso, mais homogêneo e mais fácil de trabalhar. Por essas razões, segundo Brown et al. (1989) as estimativas baseadas em métodos diretos tendem a ser sempre superestimadas. O método indireto é mais rápido, não corta, não pesa e nem seca nenhum indivíduo, pode amostrar uma área maior e maior número de indivíduos, pois utiliza variáveis mais facilmente obtidas no campo, como o diâmetro a 1,30 m acima do solo (diâmetro à altura do peito - DAP), porém, esse método está sujeito a erros de medição que nem sempre são mencionados, mas são consideravelmente confiáveis (HIGUCHI et al., 1998; HAIRIAH et al., 2001). No método indireto são utilizadas equações alométricas, bem como imagens de satélite para realizar as estimativas. As equações alométricas utilizam tanto o DAP quanto a altura (H), mas que modelos de equações alométricas, com apenas uma variável independente (DAP) apresentaram resultados tão consistentes quanto aos modelos que utilizavam também a altura (HIGUCHI et al., 1998; WATZLAWICK, KOEHLER e KIRCHER, 2006).

Somogyi et al. (2006) afirmam que avaliações de biomassa de forma indireta podem ser feitas por dois métodos quando se trabalha a nível de campo: uma é utilizando dados de volume de árvores ou talhões e multiplicá-los por um fator ou fatores apropriados. Outra forma de se estimar biomassa de forma indireta é realizando o ajuste de equações pelo uso de técnicas de regressão. Segundo Koehler, Watzlawick e Kirchner (2002), esse é o procedimento mais comum, onde algumas árvores são amostradas, o peso de cada componente

determinado e relacionado por meio de regressão com variáveis dendrométricas, sendo escrita da seguinte forma:

$$B = f(P1, P2, p1, p2, \dots)$$

onde: B: biomassa em kg ou t; P: variáveis dendrométricas disponíveis, por exemplo diâmetro (cm) e altura (m); p: parâmetros do modelo.

Outro tipo de estimativa de biomassa derivada da aplicação de equações de regressão, utiliza um conjunto de dados de diâmetro. Segundo Brown (1997), este método basicamente envolve estimativa de biomassa por classe de diâmetro, utilizando-se o diâmetro médio por classe para representá-la e o número de árvores em cada classe. Em regiões de clima seco, este autor recomendou que esta estimativa fosse correlacionada não só com a variável diâmetro (d), mas também com a variável altura (h). Esta equação pode ser expressa da seguinte forma:

$$BA = b_0 + b_1 \cdot h \cdot dap^2$$

onde: BA: biomassa da árvore (kg); h: altura (m); dap: diâmetro à altura do peito (cm); b_0 ; b_1 : coeficientes da regressão.

Na visão de Rezende et al. (2006), diversos modelos matemáticos podem ser utilizados para a estimativa de volumes e peso de indivíduos lenhosos, utilizando as variáveis dendrométricas independentes Db (Diâmetro do fuste tomado a 0,30 m do solo, em cm) e Ht (altura total, em m), além de suas combinações. Realizando-se estudos em uma área de cerrado *stricto sensu* em Brasília-DF, Rezende et al. (2006) concluíram que as melhores equações para estimativa de volume, biomassa verde, biomassa seca e estoque de carbono são aquelas que apresentam coeficientes de determinação bastante elevados (acima de 93%). As equações que atendem esses critérios estão descritas abaixo:

$$V=0,000109dap^2+0,0000145dap^2h$$

$$BV=0,03047dap^{2,27159}h^{0,89748}$$

$$BS=0,49129+0,02912dap^2h$$

$$C=0,24564+0,01456dap^2h$$

onde V: Volume (m³); BV: Biomassa Verde (kg); BS: Biomassa Seca (kg); C: Estoque de Carbono (kg); h: altura (m); dap: diâmetro à altura do peito (cm).

Dessa forma, estas equações podem ser aplicadas para estimativa da biomassa viva acima do solo e estoque de carbono na área do Parque Estadual do Lajeado, composto por Cerrado *Strictu Sensu*.

4. O MECANISMO REDD (REDUÇÃO DA EMISSÃO POR DESMATAMENTO E DEGRADAÇÃO FLORESTAL)

O mecanismo conhecido como Redução e Emissões por Desmatamento e Degradação, ou REDD é um mecanismo de redução de emissões que visa evitar o desmatamento e as queimadas. A Redução de Emissões oriundas de Desmatamento e Degradação – REED, segundo o conceito adotado pela Convenção de Clima da ONU, se refere à política definida durante a COP15, na Dinamarca em dezembro de 2009, a qual contemplou formas de prover incentivos positivos aos países em desenvolvimento que tomarem uma ou mais das seguintes ações para a mitigação das mudanças climáticas:

1. Redução das emissões derivadas de desmatamento e degradação das florestas;
2. Aumento das reservas florestais de carbono;
3. Gestão sustentável das florestas;
4. Conservação florestal (PINTO et al., 2009).

Conceitualmente, o REDD é um mecanismo de compensação financeira para os países em desenvolvimento ou para comunidades desses países, pela preservação de suas florestas. Baseia-se no pressuposto de que as florestas somente contribuirão para a mitigação da mudança climática se seu valor

alcançar um nível que torne a proteção das florestas compatível com estratégias viáveis de desenvolvimento. A idéia básica por trás do REDD é simples: os países que estão dispostos e em condições de reduzir as emissões por desmatamento evitado deveriam ser recompensados financeiramente por fazê-lo, permitindo que países com altos índices de desmatamento rompam esta tendência histórica e reduzam seus índices de desmatamento (PARKER et al., 2008; ANGELSEN, 2009).

O REDD trata, basicamente, de redução de emissões, e uma situação hipotética mostra que evitar o desflorestamento tem um potencial evidente enquanto medida de redução da emissão do carbono, pois uma redução de 15% a 20% da taxa de desflorestamento representaria cerca de 3 mil km² de floresta protegida e uma redução total da emissão de 30-40 megatoneladas de carbono por ano (NOBRE, 2002). As causas deste desflorestamento são múltiplas e complexas e variam de país para país. As pressões locais provêm de comunidades que utilizam as florestas como fonte de alimento, combustível e terras cultiváveis. A pobreza e a pressão populacional podem levar à perda inexorável da cobertura florestal, mantendo as pessoas presas em um ciclo perpétuo de pobreza. Enquanto milhões de pessoas ainda derrubam árvores para ganhar o sustento para as suas famílias, uma importante causa do desmatamento hoje é a agricultura em grande escala, impulsionada pela demanda de consumo. Nas últimas décadas, o desmatamento passou de um processo amplamente iniciado pelo estado para um processo impulsionado pelas empresas. Os vetores da demanda por terras agrícolas variam em todo o mundo. Na África, trata-se basicamente de agricultura de subsistência em pequena escala. Na América do Sul, são os grandes empreendimentos do agronegócio que produzem carne e soja para o mercado interno e externo, principalmente o Brasil. No Sudeste Asiático, o vetor está posicionado entre os dois, sendo os principais produtos o óleo de palmeira, o café e a madeira. A demanda por madeira também impulsiona o desmatamento e, portanto, contribui para as emissões derivadas de mudanças no uso da terra (STERN, 2006).

A estimativa do IPCC (2001) para as emissões provenientes de desmatamento em países tropicais na década de 1990 era de 1,6 bilhões de toneladas de carbono ao ano, o equivalente a 20% das emissões mundiais de

carbono. Desta forma, sem oferecer uma alternativa para reduzir as emissões causadas pelo desmatamento será muito difícil reduzir os efeitos das mudanças climáticas. Por isso, é muito importante a criação de um mecanismo específico direcionado a geração de incentivos para a proteção de florestas tropicais nativas, como o REDD, que pode trazer as seguintes vantagens e oportunidades:

- Frear o desmatamento e diminuir as emissões de gases do efeito estufa a ele associados;
- Combater o aquecimento global a um menor custo;
- Promover incentivos à conservação da biodiversidade;
- Garantir a proteção aos direitos dos povos indígenas e comunidades tradicionais que vivem nestas florestas e delas dependem para sobreviver;
- Melhorar as condições econômicas dos povos indígenas e comunidades tradicionais, valorizando seu papel de agentes históricos que tem significativamente contribuído para a conservação da floresta em pé.

As mudanças de uso do solo (i.e. o desmatamento na Amazônia e no Cerrado) correspondem a 75% das emissões Brasileiras, segundo o Inventário Brasileiro de Emissões, colocando o Brasil no primeiro lugar entre os países emissores para esse tipo de emissões. Em função do papel do desmatamento nas emissões globais, sua redução tornou-se um componente incontornável e prioritário na agenda global de combate às mudanças climáticas. Porém, a redução das emissões do desmatamento não foi incluída no principal instrumento do Protocolo de Quioto, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. A própria previsão, no texto do Protocolo, de novas discussões internacionais para o período pós-2012, denota o reconhecimento da insuficiência desse tratado e da necessidade de medidas adicionais (ANDRADE et al. 2006). Assim, o mecanismo de Redução das Emissões do Desmatamento e da Degradação Florestal (REDD) se apresenta como um componente fundamental na construção de um novo regime internacional de redução das emissões de GEE para o período pós-Quito e oferece ao Brasil a oportunidade de contribuir de forma significativa para redução do aquecimento global (MICOL et al., 2008).

Os projetos de REDD são geralmente desenvolvidos entre atores que buscam reduzir o desmatamento previsto para um período futuro, em determinada região, criando uma área protegida, ou a realização de alguma atividade que

diminua o desmatamento ou a degradação da floresta nativa, onde as taxas históricas de desmatamento são elevadas. Também existem projetos de REDD para fortalecer a conservação florestal e o manejo sustentável da floresta, bem como o seu reflorestamento. Geralmente esses projetos possuem suas regras acordadas pelos próprios envolvidos nos projetos, sendo que os investidores destes projetos são geralmente da iniciativa privada, do terceiro setor e de instituições multilaterais, como o Banco Mundial. Os atuais projetos de REDD recebem investimentos e doações do mercado de carbono voluntário, já que o mercado de carbono do REDD só está previsto para iniciar a partir de 2013. Os projetos de REDD são experiências pioneiras que geram capacidades locais e trazem subsídios para os debates, influenciando significativamente nas construções das políticas de REDD no âmbito estadual, nacional e internacional, como as negociações de clima da ONU para o período pós-2012, que incluirá uma política de REDD. Estes projetos devem contribuir para a redução do aquecimento global, preservando as florestas nativas em pé (IPAM, 2010).

Alguns países detentores de grandes áreas de florestas tropicais têm apresentado suas propostas de REDD, como a Papua Nova-Guiné (no âmbito da Coalizão das Nações de Florestas Tropicais – CFRN), os países da Bacia do Congo (agrupados na Comissão de Florestas da África Central – COMIFAC), um grupo de dez países latino-americanos, e o próprio Brasil. A proposta brasileira considera, em princípio, apenas o desmatamento (e não a degradação de florestas), não menciona adoção de compromissos obrigatórios de redução e propõe uma compensação pelas reduções efetivamente realizadas com relação a uma média histórica (de 10 anos), a ser revisada periodicamente. Nessa proposta, os recursos seriam canalizados em um fundo alimentado por contribuições voluntárias, podendo ser enquadrado futuramente em um novo Protocolo a ser estabelecido no âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima – UNFCCC. Paralelamente às propostas dos países, diversas iniciativas e propostas de mecanismo global de REDD foram colocadas recentemente, entre as quais se destacam:

- A proposta de Mecanismo de Parceria de Carbono Florestal (Forest Carbon Partnership Facility – FCPF) do Banco Mundial, que pretende captar e investir inicialmente US\$ 250 milhões em duas modalidades de apoio – a

modalidade “readiness” ou preparatória que visa consolidar as condições mínimas à implantação de projetos de REDD em 10 a 15 países, com US\$ 50 milhões, e a modalidade de implementação que visa efetivar a compensação pela redução das emissões em 3 a 5 países, com US\$ 200 milhões;

- As iniciativas de países como a Noruega, que anunciou apoio de US\$ 550 milhões por ano nos próximos 5 anos para a conservação de florestas tropicais e já efetivaram uma doação de US\$ 10 milhões para a Amazônia Brasileira e a Austrália, que se propõe em investir US\$ 200 milhões em projetos de apoio técnico à construção de sistemas de monitoramento e de planos e políticas de gestão florestal em países tropicais;

- Propostas apresentadas por organizações não governamentais globais, entre outros (MICOL et al, 2008).

MATERIAIS E MÉTODOS

1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Parque Estadual do Lajeado (PEL), na região central do Estado do Tocantins. O PEL cobre uma superfície de 9.931 ha, disposta irregularmente entre os paralelos 10°00' e 10°11' de latitude Sul e os meridianos 48°10' e 49°19' de longitude Oeste. A região apresenta clima predominante do tipo C2wA'a', caracterizado pela ocorrência de duas estações, uma estação seca de maio a setembro e uma estação chuvosa de outubro a abril, sendo úmido e subúmido com moderada deficiência hídrica no inverno. A mata ripária existente na região se revela estreita, contudo, consiste em espécies frondosas e de grande porte. E de um modo geral, pertence ao domínio edáfico de uma cobertura detrito-laterítica, recobrindo as rochas sedimentares. O latossolo é predominante na área de estudo caracterizado pela textura média, constituída de areia e argila. A área em estudo está inserida na bacia hidrográfica do rio Tocantins, configurada numa faixa que recebe a contribuição de todas as outras bacias que pertencem ao Sistema Hidrográfico do rio Tocantins (TOCANTINS, 2005).

2. ESTIMATIVA DA BIOMASSA

Na área do Parque Estadual do Lajeado foi identificado um transecto de aproximadamente 250 m, instalado uma trilha turística usualmente utilizada por visitantes do PEL. Para a realização da estimativa da biomassa viva acima do solo, foram selecionados todos os indivíduos de pequi identificados no transecto. Os indivíduos selecionados foram numerados sequencialmente, identificados

através da fixação de placas de PVC e georreferenciados com a utilização de um GPS Garmin E-Trex Legend com precisão de 3,00 m. A área da unidade amostral foi obtida através do Software ArcGis.

A Figura 3 apresenta a distribuição dos indivíduos de pequi dentro da parcela amostral.

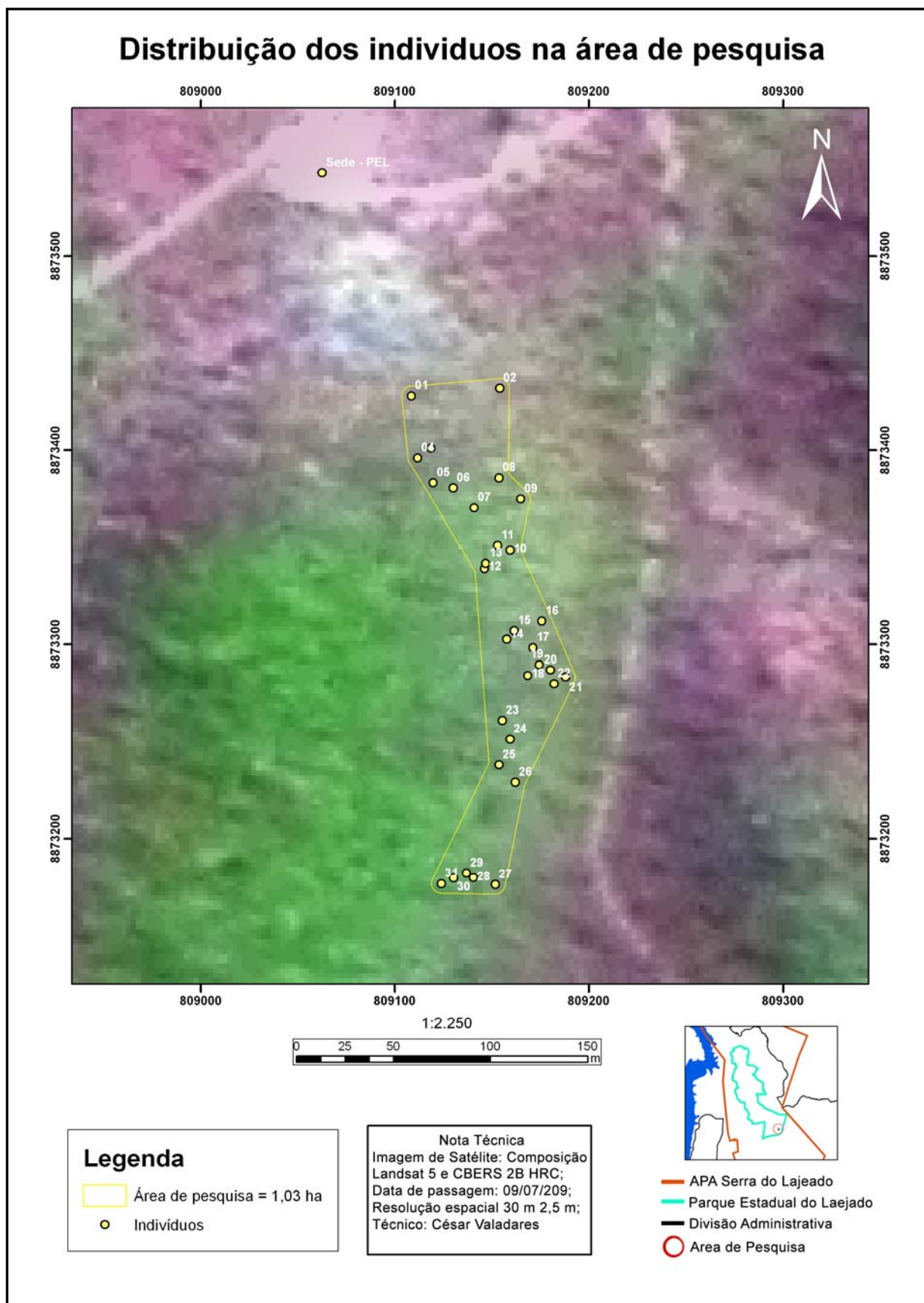


Figura 3 – Distribuição dos indivíduos dentro da parcela amostral.

Para a estimativa da Biomassa Viva Acima do Solo (BVAS) ou Biomassa Seca (BS) e Estoque de Carbono foram utilizados os métodos não-destrutivo, em razão de que as estimativas baseadas em métodos diretos tendem a ser sempre subestimadas (BROWN et al., 1989), e em função de que o método indireto é mais rápido pois utiliza variáveis mais facilmente obtidas no campo e são consideravelmente confiáveis (HIGUCHI et al., 1998; HAIRIAH et al., 2001). Foram aplicadas as equações proposta por Rezende et al. (2006), em função das equações apresentarem coeficientes de determinação elevados (acima de 93%) e serem aplicadas para estimativa da biomassa viva acima do solo e do estoque de carbono em vegetação lenhosa de cerrado *stricto sensu*, incluindo-se indivíduos de *Caryocar brasiliense*. As equações utilizadas por Rezende et al. (2006) estão expressas abaixo:

$$BS=0,49129+0,02912dap^2h$$

$$C=0,24564+0,01456dap^2h$$

onde, BS: Biomassa Seca (kg); dap: diâmetro na altura do peito (1,30 m); h: altura da árvore (m).

As medições do diâmetro dos indivíduos foram realizadas com a utilização de uma fita métrica a uma altura de 1,30 m. Para a obtenção da altura dos indivíduos foi utilizada a equação de Birkhoff e Beatley (1959), sendo o ângulo de elevação obtido com o uso de um clinômetro analógico e a distância do observador à base da árvore obtida com o uso de uma fita métrica. A equação de Birkhoff e Beatley (1959) está expressa abaixo:

$$H = (d \times \text{tg } A) + K$$

onde, H: altura da árvore (m); d: distância (m) do observador à base da árvore; tg A: tangente do ângulo de elevação, até o topo da árvore e K = altura do ponto de observação com relação à base da árvore (definida como 1,6 m).

3. COLETA DOS FRUTOS E EXTRAÇÃO DO ÓLEO VEGETAL

Para cada indivíduo de pequi foram coletados os frutos que estavam no chão, pois isto indicava que os mesmos estavam maduros. Foram realizadas 06 (seis) campanhas para coleta dos frutos entre os meses de Outubro de 2009 e Janeiro de 2010, visando-se assim que todos os frutos fossem coletados. Após a coleta, os frutos foram descascados manualmente, sendo a casca eliminada, secos em estufa à 40°C por 19 horas, conforme Aquino et al. (2007), armazenados em sacos hermeticamente fechados e identificados pelo número do indivíduo obtido em campo e colocados em geladeira para posterior extração de óleo vegetal.

A Figura 4 ilustra os frutos armazenados em sacos hermeticamente fechados e identificados pelo número do indivíduo.



Figura 4 – Frutos armazenados e identificados

A extração do óleo vegetal foi realizada com a utilização de um extrator do tipo *Soxhlet* com a utilização de Hexano como solvente, em triplicata, seguindo-se a metodologia descrita. Para a realização da extração, foram selecionados aleatoriamente 03 (três) frutos de cada indivíduo de pequi. Os mesmos foram pesados individualmente e triturados mecanicamente por 03 (três) minutos com o uso de um multiprocessador de marca Mallory, sendo a amostra homogênea pesada novamente. Após essa etapa de preparação da amostra deu-se início ao processo de preparação para extração.

Em um papel filtro, foi inserida uma massa média de 10g de caroços de pequi triturados (biomassa). Um balão volumétrico de 250 ml foi limpo com solvente (hexano) e seco na estufa com temperatura de 40°C por 10 min., e posteriormente o mesmo foi pesado, sendo anotada sua massa inicial. Foram colocados 170 ml de hexano no balão volumétrico, sendo o balão ligado ao extrator Soxhlet que foi ligado a uma manta de aquecimento. A manta de aquecimento foi ligada no nível de aquecimento 3, ficando em funcionamento por 4 horas (o equivalente a 16-20 ciclos). Após o período de 4 horas, o mesmo foi desligado e deixado em repouso para resfriamento. O balão volumétrico então foi encaminhado ao rotaevaporador para recuperação do hexano. Posteriormente o balão volumétrico foi pesado novamente, obtendo-se assim a massa final do balão. Assim, o rendimento do óleo vegetal foi obtido pela expressão:

$$\text{Rend. (\%)} = \text{Massa Final} / \text{Massa Inicial} * 100;$$

A Figura 5 apresenta o fluxograma do processo de extração do óleo vegetal.

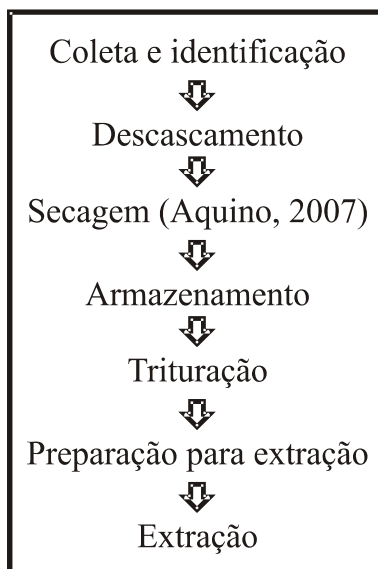


Figura 5 – Fluxograma do processo de extração do óleo vegetal

Adotou-se, neste estudo, que cada indivíduo de pequi seria uma repetição, sendo o processo de extração do óleo vegetal realizado em triplicata. Assim, o valor de n é 31, com 93 repetições.

4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS E ANÁLISES DE CORRELAÇÃO

Foram realizadas análises descritivas das variáveis coletadas (média e desvio padrão) e os resultados foram correlacionadas entre si utilizando o pacote estatístico Statistica 5.0 (1995), sendo consideradas relações significativas os resultados com $p < 0,05$.

5. ESTIMATIVA DO RENDIMENTO DE ÓLEO VEGETAL POR HECTARE

A estimativa do rendimento de óleo vegetal de pequi por hectare foi obtido através da equação:

$$\text{Estimativa (kg}_{\text{óleo}}/\text{ha}) = A * B * C * D$$

onde A: média do rendimento da extração do óleo vegetal, em %; B: produção média de caroços de pequi por indivíduo (obtido na literatura, em unidade); C: número de indivíduos de pequi por hectare; D: massa média dos caroços de pequi (kg).

Foi realizada a pesagem de todos os caroços de pequi coletados visando-se identificar a média da massa dos caroços. O número de indivíduos de pequi por ha foi obtido pela contagem do número de indivíduos dentro da parcela e multiplicado pelo fator de proporcionalidade (F) dado por $F = A/a$, sendo A: área de 1 ha e a: área da unidade amostral. A área da unidade amostral foi obtida pela multiplicação do número de indivíduos pela área basal ocupada por um indivíduo, neste caso, 25 m² ou 0,0025 hectares.

6. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO VEGETAL

Com o objetivo de caracterizar a presença de grupos químicos específicos no óleo vegetal do pequi foi realizada a análise de espectroscopia do infravermelho (FTIR). Os espectros foram normalizados e as bandas de vibração foram associadas aos principais grupos químicos. Foi realizada também a análise do índice de acidez do óleo vegetal obtido.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo central deste estudo foi avaliar o teor do óleo vegetal do pequi (*Caryocar brasiliense*) e avaliar a estimativa da biomassa viva acima do solo no Parque Estadual do Lajeado, em Palmas, Tocantins, visando-se dar subsídio para a conservação ambiental e para a produção de biocombustíveis através da utilização de biomassas extrativistas. Para tanto, obteve-se inicialmente as medidas de diâmetro e altura dos indivíduos de pequi no PEL. Quando consideradas as medidas obtidas, estas apresentaram uma média de $18,22 \pm 8,25$ cm e $6,16 \pm 1,80$ m, respectivamente, para $n = 31$.

Pode-se observar que o diâmetro dos indivíduos variou de 5,32 a 46,21 cm (amplitude de 40,89 cm) e a altura dos indivíduos variou de 2,23 a 10,09 m (amplitude de 7,86 m). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Siqueira (2006) em uma área de Cerradão e Cerrado *Strictu Sensu* na região sul de Goiás e Rezende et al. (2006) em uma área de Cerrado *Strictu Sensu* em Brasília.

A Figura 6 apresenta a distribuição de frequência dos valores de diâmetro e altura.

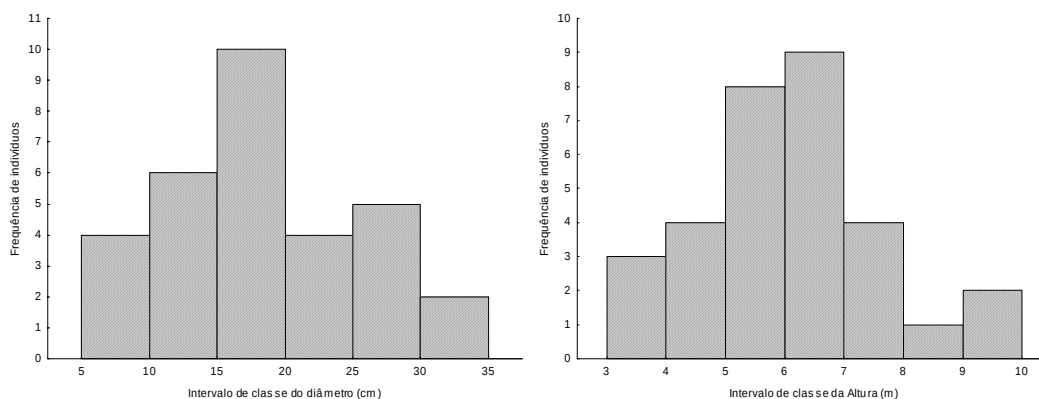


Figura 6 – Distribuição de frequência do diâmetro e altura dos indivíduos.

Observou-se que o diâmetro dos indivíduos se concentrou entre 10 e 20 cm e que a altura dos indivíduos se concentrou entre 5 e 8 m, tendo distribuição normal. Ao se relacionar essas duas variáveis (figura 7), pode-se observar que houve correlação significativa ($r=0,5159$; $p<0,01$) entre as mesmas, apesar do coeficiente de explicação ser baixo ($r^2 = 0,2662$).

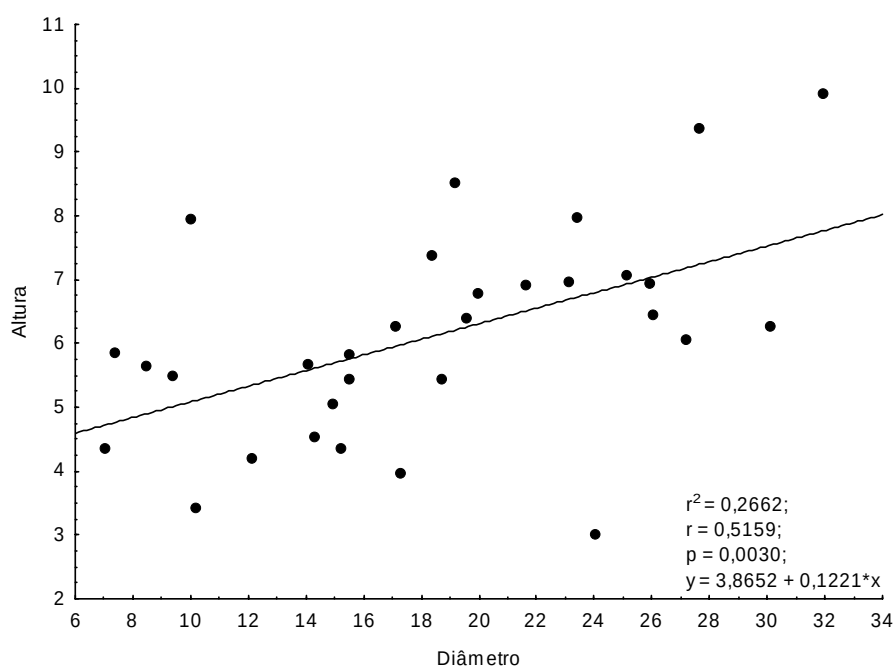


Figura 7 – Correlação entre a Altura e o Diâmetro dos indivíduos de pequi.

Para a estimativa da Biomassa Viva Acima do Solo e do Estoque de Carbono (C) foram utilizadas as equações apresentados por Rezende et al. (2006). A Figura 8 apresenta a distribuição de frequência dos dados de BVAS para os indivíduos estudados.

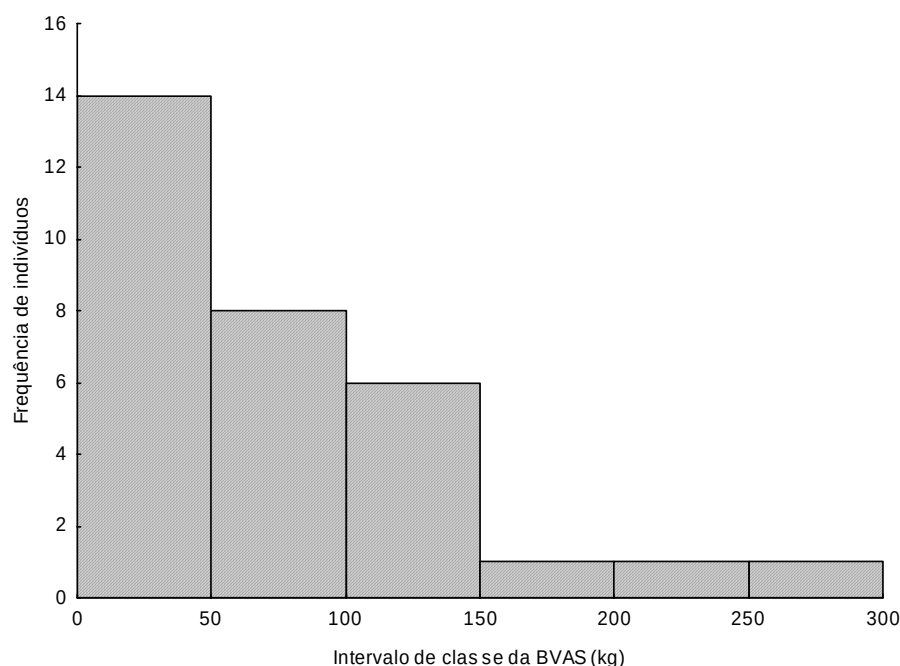


Figura 8 – Distribuição de frequência da Biomassa Viva Acima do Solo.

Pode-se observar que 14 indivíduos (45,16%) apresentaram BVAS entre 0 e 50 kg.indivíduo⁻¹, com média de $23,94 \pm 11,70$ kg.indivíduo⁻¹, que 08 indivíduos (25,80%) apresentaram BVAS entre 50 e 100 kg.indivíduo⁻¹, com média de $71,52 \pm 16,86$ kg.indivíduo⁻¹, que 06 indivíduos (19,35%) apresentaram BVAS entre 100 e 150 kg.indivíduo⁻¹, com média de $127,06 \pm 9,49$ kg.indivíduo⁻¹, e que 03 indivíduos (9,69%) apresentaram BVAS maior que 150 kg.indivíduo⁻¹, com média $223,15 \pm 66,14$ kg.indivíduo⁻¹. A média geral dos dados foi de $75,46 \pm 26,05$ kg.indivíduo⁻¹, para n=31.

Considerando-se a área ocupada pelos indivíduos (aproximadamente 1,03 ha, conforme obtido pelo software ArcGis, Figura 3), o valor estimado de BVAS foi de aproximadamente $2,34 \text{ t.ha}^{-1}$. Os valores médios estimados de biomassa viva acima do solo e obtidos neste estudo foram diferentes dos encontrados por Rezende et al. (2006) e Silva (1990) em áreas de Cerrado em Brasília/DF, cujos valores médios foram de 20,0 e $21,7 \text{ t.ha}^{-1}$, respectivamente.

Destaca-se que os resultados de BVAS menores do que os obtidos por Rezende et al. (2006) e Silva (1990) devem-se ao fato de que foi realizada a estimativa da Biomassa Viva Acima do Solo somente para indivíduos de pequi inseridos no transecto, não se incluindo as outras espécies e outros indivíduos, o que subestima os valores obtidos. Dessa forma, é necessária a realização de

estudos visando-se estimar ou quantificar a BVAS e estoque de carbono na área do Parque Estadual do Lajeado, incluindo-se outras espécies e indivíduos, em complementação a esse trabalho.

Para comparação dos resultados com os obtidos na literatura, foi realizada a estimativa da área de ocupação dos pequis na área do transecto. O número de indivíduos de pequi por ha foi obtido pela contagem do número de indivíduos dentro da parcela e multiplicado pelo fator de proporcionalidade (F) dado por $F=A/a$, sendo A: área de 1 ha e a: área da unidade amostral. A área da unidade amostral foi obtida pela multiplicação do número de indivíduos pela área basal ocupada por um indivíduo, neste caso, 25 m² ou 0,0025 hectares. Dessa, o número de indivíduos de pequi por hectare foi de 400.

Considerando-se que a média de Biomassa Viva Acima do Solo foi de $75,46 \pm 26,05 \text{ kg.indivíduo}^{-1}$ (ou $0,07546 \text{ t.indivíduo}^{-1}$), o valor de BVAS estimado é de $30,18 \text{ t.ha}^{-1}$. Assim, com os resultados da simulação, conclui-se que os resultados estimados são maiores daqueles observados por Rezende et al. (2006) e Silva (1990).

Conforme Girard (2005), comparações dos resultados obtidos com os de trabalhos similares são difíceis. Socher (2004) e Rezende, Merlin e Santos (2001), apresentam resultados para diferentes tipologias florestais, sem apresentarem, no entanto, valores para espécies nativas individuais em florestas naturais, que foi o caso do presente trabalho.

A Figura 09 apresenta a distribuição de frequência dos dados da estimativa do Estoque de Carbono para os indivíduos estudados.

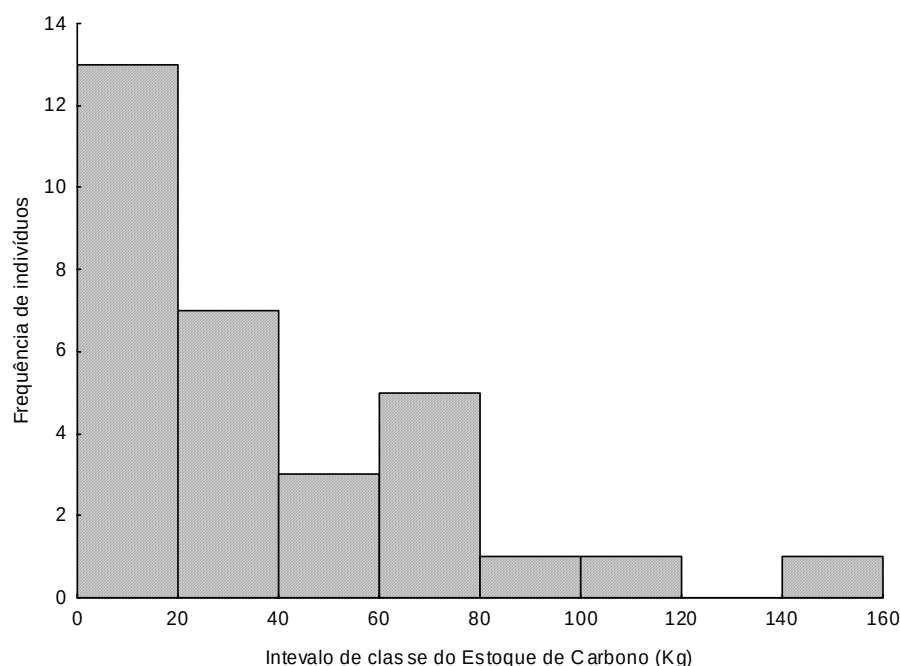


Figura 09 – Distribuição de frequência do Estoque de Carbono.

Pode-se observar que 13 indivíduos (41,94%) apresentaram Estoque de Carbono entre 0 e 20 kg.indivíduo⁻¹, com média de 11,31±5,51 kg.indivíduo⁻¹, que 07 indivíduos (22,58%) apresentaram Estoque de Carbono entre 20 e 40 kg.indivíduo⁻¹, com média de 30,47±6,95 kg.indivíduo⁻¹, que 03 indivíduos (9,68%) apresentaram Estoque de Carbono entre 40 e 60 kg.indivíduo⁻¹, com média de 49,28±4,50 kg.indivíduo⁻¹, que 05 indivíduos (16,13%) apresentaram Estoque de Carbono entre 60 e 80 kg.indivíduo⁻¹, com média 65,36±1,77 kg.indivíduo⁻¹ e que 03 indivíduos (9,68%) apresentaram Estoque de Carbono maior que 80 kg.indivíduo⁻¹, com média 111,57±33,07. A média geral dos dados foi de 37,73±10,36 kg.indivíduo⁻¹, para n=31.

Considerando-se a área ocupada pelos indivíduos (aproximadamente 1,03 ha, determinado pelo software ArcGis), o valor obtido de estoque de carbono foi de aproximadamente 1,17 t.ha⁻¹. Dessa forma, os valores médios de biomassa viva acima do solo e estoque de carbono obtidas neste estudo foram diferentes dos obtidos por Rezende et al. (2006), que encontraram valores médios de 4,93 t.ha⁻¹. Entretanto, ressalta-se que os baixos valores obtidos neste estudo devem-se ao fato de que foi realizada apenas a estimativa da BVAS somente para indivíduos de pequi inseridos na área de pesquisa (aproximadamente 1,00 ha), o que subestima os valores obtidos.

Considerando-se o valor estimado de 400 indivíduos de pequi por hectare, e que a média de Estoque de Carbono foi de $37,73 \pm 10,36 \text{ kg.indivíduo}^{-1}$ (ou $0,03773 \text{ t.indivíduo}^{-1}$), o valor de Estoque de Carbono estimado é de $15,09 \text{ t.ha}^{-1}$, sendo esse valor maior do que o observado por Rezende et al. (2006).

Observou-se no gráfico de estoque de carbono que o mesmo seguiu o padrão do gráfico de biomassa viva acima do solo, em função de que as equações que deram origem aos resultados se baseiam em dados de diâmetro da altura do peito e altura dos indivíduos, e em função de que, conforme Browning (1963), a quantidade de carbono em madeiras equivale a 50% da base seca. Dessa forma, os valores de Estoque de Carbono são 50% dos valores de BVAS.

Ao se relacionar as variáveis Biomassa Viva Acima do Solo e diâmetro (Figura 10), pode-se observar que houve correlação positiva e significativa ($r=0,8976$; $p<0,01$; $n=31$) entre as mesmas, apontando que existe grande variabilidade entre as variáveis estudadas.

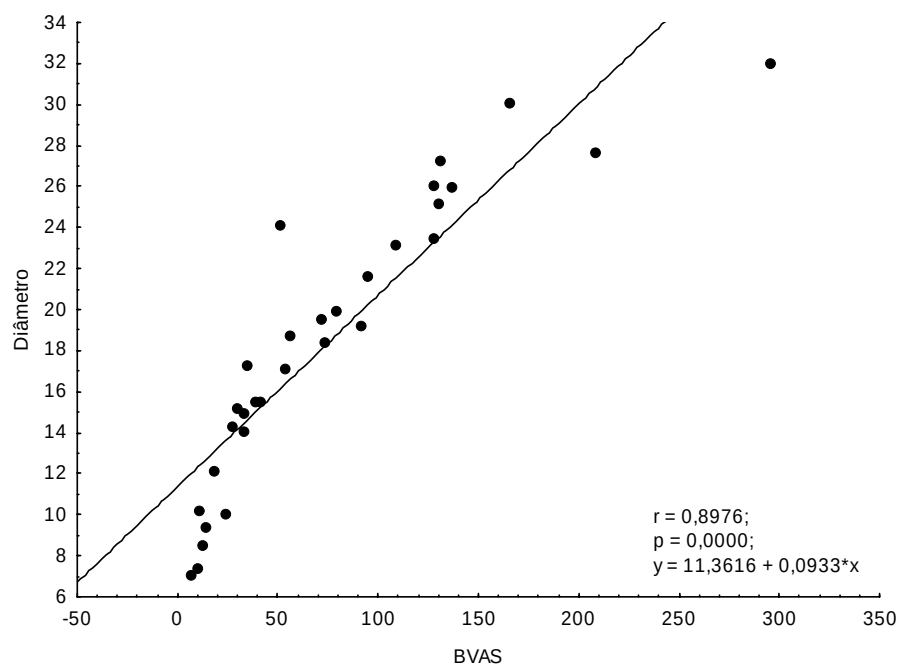


Figura 10 – Correlação entre a Biomassa Viva Acima do Solo e o diâmetro dos indivíduos.

Os resultados demonstram que a variável diâmetro tem grande influência nos valores de BVAS ($r=0,8976$), e que quanto maior for o diâmetro do indivíduo, maior serão os valores estimados de BVAS. O valor de r pode ser facilmente explicado em função de que, no modelo adotado para estimativa da BVAS

(conforme Rezende et al, 2006) a variável diâmetro é elevada ao quadrado, o que aumenta sua representatividade na análise de correlação entre as variáveis. Esses resultados são semelhantes aos interpretados por Vieira et al. (2008) para uma área de mata no Estado de São Paulo.

Avaliando-se as médias de teor de óleo vegetal, observa-se que esse variou de 12,95 a 46,06% (amplitude de 33,11%), com média geral de $30,51 \pm 7,39\%$ (Figura 11), e que a grande maioria das médias de rendimento se concentrou entre 25 e 35 % (Figura 12).

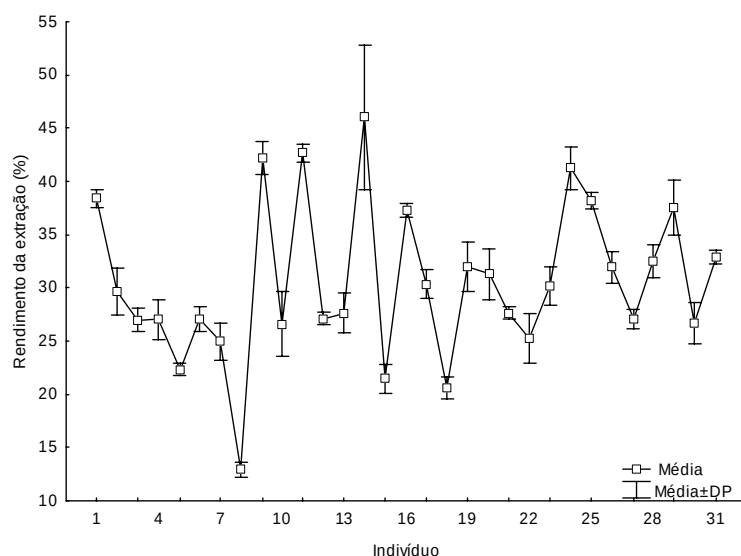


Figura 11 – Médias dos teores de óleo vegetal por indivíduo.

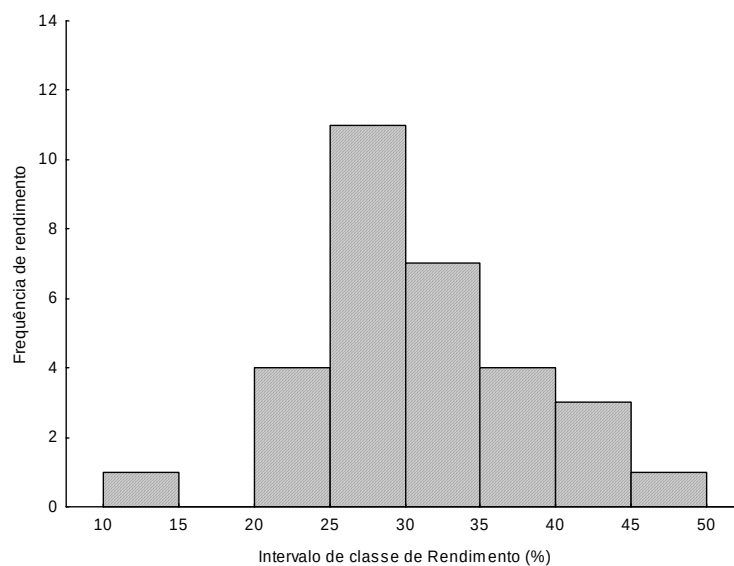


Figura 12 – Distribuição de frequência do teor de óleo vegetal por indivíduo.

A análise de variância (Tabela 3) indicou que houve diferença significativa entre as médias do teor do óleo vegetal de cada indivíduo ($p < 0,01$). O coeficiente de variação baixo indica a boa precisão do experimento.

Pode-se observar que os indivíduos n. 8 e 14 apresentaram o menor e maior teor de óleo no caroço (12,95 e 46,06% respectivamente, Tabela 4). Entretanto, observou-se que 58,06% dos indivíduos possuem teores de óleo médios entre 25,00 e 35,00%, 25,8% do total de indivíduos analisados possuem teor maior que 35,00%, e somente 15,12% (5 indivíduos) possuem teor de óleo menor que 25,00%.

Sugere-se que essa diferença ocorreu em função do local, coleta, ponto de maturação e fatores ambientais como tipo de solo, insolação recebida pela planta ou disponibilidade hídrica, conforme demonstrado por Almeida et al. (1994), que mostrou que as características de frutos podem variar em função desses fatores, interferindo no teor de óleo produzido.

Tabela 3 – Análise de Variância para o teor de óleo vegetal do pequi

F.V.	G.L.	Q.M.	F
Indivíduos	30	159,39	39,76*
Erro	62	4,00	
Total	92		
C.V. (%)		6,56	
Média		30,51	

* Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

Coeficiente de variação: 6,56 %

Tabela 4 – Valores médios do teor de óleo vegetal do pequi

Indivíduo	Média		Indivíduo	Média	
1	38,39	C	16	37,32	C
2	29,62	D	17	30,36	D
3	26,99	E	18	20,60	F
4	27,03	E	19	31,98	D
5	22,32	F	20	31,31	D
6	27,03	E	21	27,63	E
7	25,00	E	22	25,23	E
8	12,95 G		23	30,23	D
9	42,20	B	24	41,25	B
10	26,60	E	25	38,17	C
11	42,68	B	26	31,95	D
12	27,12	E	27	27,09	E
13	27,65	E	28	32,48	D
14	46,06	A	29	37,59	C
15	21,48	F	30	26,68	E
Média			30,51	D	

Médias seguidas da mesma letra não se diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

O teor de óleo vegetal médio encontrado ($30,51 \pm 7,39\%$) é menor do que o obtido por Dabdoub et al. (2003) e Aquino (2007). Esses autores obtiveram teores médios de óleo na amêndoa e na polpa do pequi de 61,2 e 50,0%, aproximadamente, realizando-se a extração com solvente através da utilização de um extrator do tipo *Soxhlet*. Observou-se dessa forma que o teor do óleo vegetal do caroço tende a ser menor quando comparado com o da polpa e da amêndoa.

Deus (2008) realizando trabalhos de caracterização física dos frutos de pequi observou que a casca verde do pequi representou mais de 80% da massa do fruto, o endocarpo espinhoso representou cerca de 4,6% (o equivalente a 36,5% do caroço), a polpa amarela representou cerca de 7% (o equivalente a 55,5% do caroço) e as amêndoas representaram cerca de 1% (o equivalente a

8,0% do caroço). Dessa forma, sugere-se que a diferença entre os teores de óleo obtidos no presente estudo e os obtidos por Aquino (2007) e Dabdoub et al. (2003) ocorreu em função de que, no presente estudo, foi realizada a extração do óleo vegetal de todo o caroço do pequi, sem separação entre polpa, amêndoa e outras partes, e assim, como o fruto possui em média 36,5% de matéria que não possui óleo (endocarpo espinhoso), e dessa forma o teor de óleo no caroço tende a ser menor se comparado com a amêndoa e a polpa, como observado.

Entretanto, o teor médio de óleo vegetal do caroço de pequi é maior do que os teores de óleo de grãos de soja encontrados por Barbosa (2010) em plantios de soja realizados em Palmas (21,55%). Assim, o resultado do presente estudo demonstra que o pequi tem um potencial para ser usado como matéria prima para produção de biodiesel, por apresentar teor de óleo médio superior ao teor do óleo de soja, comumente utilizado como matéria prima para produção de biodiesel.

Com relação à estimativa do rendimento do óleo vegetal de pequi (kg/ha), foram propostos 8 (oito) cenários, levando-se em consideração o teor de óleo vegetal e a massa média dos caroços de pequi, obtidos no presente estudo, o número de indivíduos de pequi por ha, obtido no presente estudo e em obtido na literatura e a produção média de caroços de pequi por indivíduo, obtido na literatura. A Tabela 5 apresenta os cenários propostos.

Tabela 5 – Cenários propostos da estimativa do rendimento do óleo (kg/ha)

Cenário	Média do rendimento (m/m)	Qtd. frutos por indivíduo (n) ¹	Nº Indivíduos por ha (n)	Massa (Kg) ²	Total (Kg.ha ⁻¹)
1	0,3051	500	31,00 ²	0,0154	72,83
2	0,3051	500	61,75 ³	0,0154	145,07
3	0,3051	500	121,00 ³	0,0154	284,26
4	0,3051	500	147,40 ³	0,0154	346,28
5	0,3051	2000	31,00 ²	0,0154	291,31
6	0,3051	2000	61,75 ³	0,0154	580,27
7	0,3051	2000	121,00 ³	0,0154	1137,05
8	0,3051	2000	147,40 ³	0,0154	1385,13

¹ Peixoto (1973) e Salviano (2002); ² Valor obtido no presente estudo; ³ Santana e Naves (2003). Calculado através da equação Estimativa (kgóleo/ha)=A * B * C * D, onde, A: média do rendimento da extração do óleo vegetal, em %; B: produção média de caroços de pequi por indivíduo (obtido na literatura, em unidade); C: número de indivíduos de pequi por hectare; D: massa média dos caroços de pequi (kg).

Considerando-se o número de indivíduos por ha obtidos no presente estudo (31), observou-se que cenário que apresenta maior estimativa do rendimento de óleo por ha foi o cenário nº 5, com 291,31 kg.ha⁻¹. Entretanto, considerando-se o número de indivíduos por ha obtidos por Santana e Naves (2003), observou-se uma estimativa do rendimento de 1385,13 kg.ha⁻¹. Esse valor é maior do que o obtido por Barbosa (2010) em plantios de soja realizados em Palmas e Gurupi, que obteve valores médios de 531,88 kg.ha⁻¹.

Os valores de índice de acidez do óleo vegetal do pequi foram determinados pelo método titulométrico. Observou-se que a média de acidez para 8 amostras foi de 27,22±15,98%, e que menor valor de acidez obtido (2,32%) é maior do que o de soja (0,039%, conforme Brandão et al., 2006), entretanto, é menor do que o do pinhão-manso (3,13%, conforme Melo et al., 2008).

O índice de acidez corresponde à quantidade (em mg) de base (KOH ou NaOH) necessária para neutralizar os ácidos graxos livres presentes em 1 g da amostra. Assim, os altos índices obtidos no presente estudo indicam grande quantidade de ácidos graxos livres na amostra. A transesterificação é influenciada pelas propriedades do óleo utilizado, e assim é ideal que o óleo esteja com índice de acidez menor que 2mg KOH/g, para que se obtenha bom rendimento reacional

na obtenção de biodiesel e se evite consumo improdutivo de álcali e a consequente formação de sabão (DANTAS et al., 2006; KUČEK, 2004). Dessa forma, é necessária a realização de estudos visando-se a produção de biodiesel com a utilização do óleo vegetal do pequi através da catálise ácida, em função de que, conforme Schuchardt et al. (2006), a presença de ácidos graxos livres dificulta a síntese do biodiesel via catálise básica homogênea, e nesse sentido, os catalisadores heterogêneos ácidos promovem simultaneamente reações de alcoólise de triglicerídeos e de esterificação dos ácidos graxos livres, apresentando ainda vantagens inerentes à catálise heterogênea, como redução significativa do número de etapas de purificação dos produtos.

Com relação às análises de caracterização química, aplicou-se a técnica de FTIR a fim de identificar os principais grupos funcionais nas amostras de óleo vegetal de pequi obtidas. Pode-se observar que, nas amostras analisadas (Figura 13 e Anexo 1), os picos compreendidos entre 1.743 e 1.745 cm^{-1} podem ser associados com as deformações axiais o tipo C=O de ésteres. As bandas características de deformações axiais e angulares compreendidos entre 1.406 a 1.564 cm^{-1} pode indicar ligações do tipo C–H (deformação axial), como metil éster e ácidos graxos, os picos compreendidos entre 1.227 e 1.243 cm^{-1} pode indicar a ligação =C–H. Observou-se também que dois picos, compreendidos entre 2.922 e 2.924 cm^{-1} e 2.853 e 2.854 cm^{-1} podem ser associadas à ligação C–H (deformação axial – éster saturado) e os picos compreendidos entre 1.117 a 1.204 pode indicar a deformação axial C–O de ésteres (GUARAGNA e ZANINI, 2001; ROMÃO et al., 2007; SENA JÚNIOR et al. 2010; CARVALHO JÚNIOR, 2010).

Observou-se que todos os espectros obtidos (apresentados no Anexo 1) seguem o mesmo padrão, tendo em alguns casos, como identificado nos indivíduos nº 2, 9, 13, 22 e 24, picos compreendidos entre 2.358 e 2.361 cm^{-1} , que corresponde ao dióxido de carbono presente durante a análise (PAKULA, 2007, VASQUES, 2010), bem como foram identificados picos compreendidos entre 1.462 e 1.465 cm^{-1} que correspondem a deformação axial C-H de ésteres.

A figura 13 apresenta o espectro do óleo vegetal do pequi para o indivíduo nº 31.

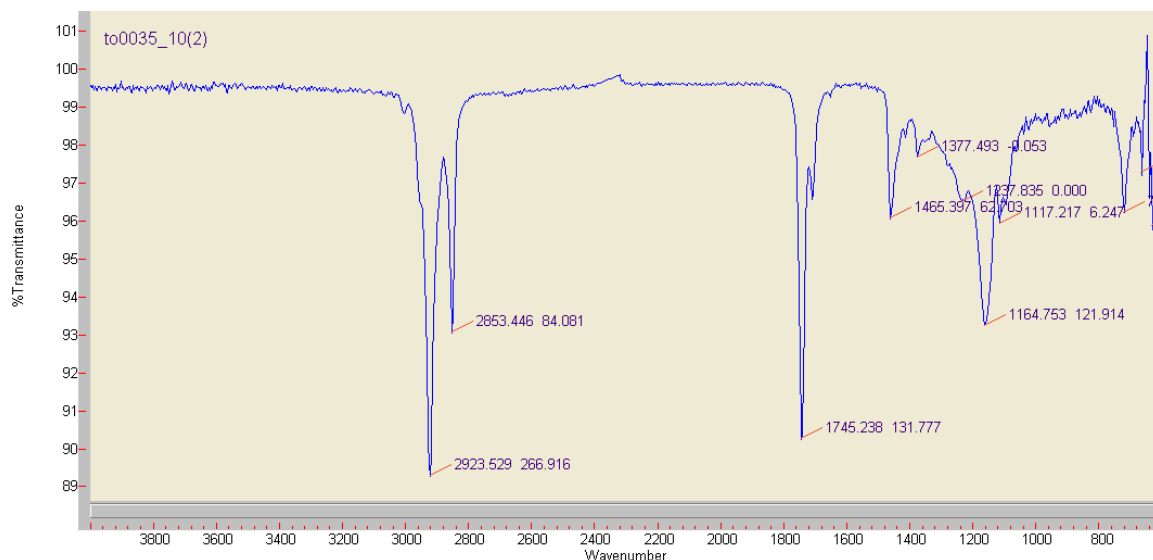


Figura 13 – Espectro do óleo vegetal de pequi para o indivíduo nº 31 obtido por meio da metólise

As estimativas de biomassa florestal são informações imprescindíveis nas questões ligadas às áreas de manejo florestal e de clima. No primeiro caso, a biomassa está relacionada com os estoques de macro e micronutrientes da vegetação, que são obtidos pelo produto da massa pelas concentrações de cada mineral, e no caso do clima, a biomassa é usada para estimar os estoques de carbono que, por sua vez, são utilizados para estimar a quantidade de CO₂ que é liberada à atmosfera pela respiração vegetal, por queimadas, ou ainda por decomposição da biomassa (HIGUCHI et al., 1998; URBANO et al., 2008). A determinação da biomassa está diretamente ligada a questões que envolvem o manejo florestal, uma vez que as informações obtidas no inventário florestal são a base de pesquisas relacionadas ao uso dos recursos naturais, e as decisões sobre o uso eficiente da terra (URBANO et al., 2008). Da mesma forma, as estimativas de biomassa são necessárias para um melhor entendimento dos impactos do desmatamento no aquecimento global (LU et al., 2002).

Sendo assim, a estimativa da BVAS e do estoque de carbono e a quantificação do rendimento do óleo vegetal do pequi em áreas de cerrado podem contribuir para a inserção dessas áreas dentro do mecanismo REDD, principalmente em função do acúmulo de carbono nas mesmas e em função do potencial do óleo vegetal do pequi de ser usado como matéria prima para produção de biodiesel, por apresentar teor de óleo médio superior ao teor do óleo de soja, comumente utilizado como matéria prima para produção de biodiesel.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A Biomassa Viva Acima do Solo média estimada foi de 75,46 $\pm$ 66,25 kg/indivíduo e a BVAS total foi de 2,34 t.ha⁻¹ para 31 indivíduos por hectare e 30,18 t.ha⁻¹, considerando-se a estimativa de 400 indivíduos de pequi por hectare;
- O Estoque de Carbono médio estimado foi de 37,73 $\pm$ 33,12 kg/indivíduo, e o Estoque de Carbono total foi de 1,17 t.ha⁻¹ para 31 indivíduos por hectare e 15,09 t.ha⁻¹, considerando-se a estimativa de 400 indivíduos de pequi por hectare;
- Os valores médios de Biomassa Viva Acima do Solo e Estoque de Carbono são diferentes dos encontrados na literatura;
- O valor médio do teor de óleo vegetal no caroço de pequi foi 30,51 $\pm$ 7,39%;
- Houve diferença significativa entre as médias do teor do óleo vegetal de cada indivíduo ($p < 0,01$);
- O teor médio de óleo vegetal do caroço de pequi é maior do que os teores de óleo de grãos de soja encontrados por Barbosa (2010);
- O maior valor estimado de rendimento de óleo vegetal de pequi por hectare (1385,13 kg/ha) foi maior do que o obtido por Barbosa (2010);
- A estimativa do estoque de carbono é uma importante ferramenta de implantação do mecanismo REDD em áreas de cerrado;
- Este estudo pode contribuir para a inserção de áreas de cerrado dentro do mecanismo REDD em função do grande potencial de armazenamento de carbono nessas áreas e em função do potencial do óleo vegetal do pequi de ser usado como matéria prima para produção de biodiesel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.C.S. **Official methods and recommended practices**. New York: American Oil Chemists' Society, 4ed, 1993.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies úteis**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1994. 38 p.

ANDERSON, A. B. **Redução de emissões oriundas do desmatamento e degradação florestal (REDD):** Desafios e Oportunidades. Disponível em <<http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br>>. Acesso em: 09 mai. 2009.

ANDRADE J.; CUNHA K.; ROMEIRO A.; WALTER A. Regime internacional de enfrentamento das mudanças climáticas: a visão da economia ecológica. III Encontro da ANPPAS. Brasília:ANPPAS. **Anais...** 1, p 1-21, 2006.

ANGELSEN, A. et al. **Redução de Emissão do Desmatamento e da Degradação Florestal (REDD):** Relatório de Avaliação de Opções. Oslo: Meridian Institute, 2009.

ANTUNES, E. C. et al. Utilização do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) como espécie recuperadora de ambientes degradados no cerrado e fornecedora de matéria prima para a produção de biodiesel. In: I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. **Anais...** Brasília: MCT/ABIPTI, 2006.

AQUINO, L. P. **Extração do óleo da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*):** influência das variáveis operacionais. 2007. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Alimento)—Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 2007.

ARAÚJO, F. D. A review of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae): an economically valuable o central Brazilian cerrados. **Economy Botany**, Bronx. v. 49, n. 1, p.40-48, Jan./Mar. 1995.

BARBOSA, V. S. **Comportamento de cultivares de soja, em diferentes ambientes, visando a produção de óleo para obtenção de biocombustível, na região central do Estado do Tocantins – Safra 2008/09**. 51f. 2010.

Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas/TO, 2010.

BIRKHOFF, G.D.; BEATLEY, L.R. **Basic geometry**. New York:Chelsea Publ. Company, 1959. 259 p.

BRAGA, M. E. M. **Obtenção de compostos bioativos de *Curcuma longa* L. e *Lippia alba* M. por tecnologia supercrítica**: rendimento global, cinética de extração, composição química e aproveitamento do resíduo amiláceo. 198f. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2005.

BRANDÃO, C. R.; ROCHA, E. **O jardim da vida**. 2 ed. Goiânia: UCG, 2004.

BRANDÃO, K. S. R. et al. Otimização do processo de produção de biodiesel metílico e etílico de soja. I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. **Anais...** Brasília: MCT/ABIPTI, 2006. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congressso2006/producao/Soja08.pdf>> Acesso em: 01 set. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Produção e Agroenergia. **Plano Nacional de Agroenergia**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília: Ministério da Indústria e Comércio, 1985.

BROGLE, H. CO₂ as a solvent: its properties and applications. **Chemistry and Industry**, v. 12, p. 385-390, 1982.

BROWN, S. **Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer**. Rome: FAO, 1997. 55 p.

BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. **Forest Science**, n. 4, p. 881-902, 1989.

BROWNING, B. L. **The chemistry of wood**. London: Interscience Publishers, 1963. 699p.

BRUM, A. A. S. et al. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 849-854, 2009.

CARVALHO JÚNIOR, R. M. DE C. **Desenvolvimento e análise energética do processo de obtenção do biodiesel de microalga por metólise *in situ***. 99 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2010.

COSTA NETO, P. R. et al. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v. 4, n. 23, p. 531-537, 2000.

COURI, S.; FREITAS, S. P.; Aplicação de enzimas na extração aquosa de óleos vegetais. **Ciência de Alimentos: avanços e perspectivas**. v. 2, p. 28-32, 1997. DABDOUB, M. J.; DABDOUB, V. B.; BARBOSA, S. L. et al. Pequi: do fruto ao biodiesel. In: 26a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. **Anais...** Poços de Caldas: SBQ, 2003.

DANTAS, H. J. et al. **Caracterização físico-química e estudo térmico do biodiesel etílico de algodão**. **Biodiesel**, p. 231-235, 2006. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/Caracterizacao/PaginasFisio1.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2010.

DEUS, T. N. de. **Extração e caracterização de óleo do pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) para o uso sustentável em formulações cosméticas óleo/água (O/A)**. 2007. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Universidade Católica do Goiás, Goiânia/GO, 2008.

FACIOLI, N. L.; GONÇALVES, A. G. L. Modificação por via enzimática da composição triglicéridica do óleo de piqui (*Caryocar brasiliense* Camb). **Química Nova**, v. 1, n. 21, p. 16-19, 1998.

FEARNSIDE, P. M. **As florestas e a mitigação do efeito estufa**: oportunidades no setor florestal para a mitigação do efeito estufa sob o mecanismo de desenvolvimento limpo. Manaus: INPA, 2000.

FILLIPI, R. P. CO₂ as a solvent: application to fats, oils and other materials. **Chemistry and Industry**, v. 12, 390-394, 1982.

FREITAS, S. P. et al. Extração aquosa enzimática do óleo de amendoim. XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2002. **Anais...** p. 18, 2002.

GATES, D. M. Climate Change and its biological consequences. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Sunderland. 1983, 279 p. BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. **Forest Science**, Lawrence, v. 35, p. 881-902, 1989.

GIRARD, E. A. **Volume, biomassa e rendimento de óleos essenciais do craveiro (*Pimenta pseudocaryophyllus* (Gomes) Landrum) em floresta ombrófila mista**. Curitiba: 2004. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

GODOY, S. G. M. de; PRADO JUNIOR, F. A. de A. Panorama Mundial do Mercado de Crédito de Carbono. **Anais...** [s.l.]: Oficina Pensar, 2007.

GUARAGNA, F.; ZANINI, M. **Identificação sistemática de compostos orgânicos**. Porto Alegre: PUCRS, 2001.

HAIRIAH, K.; SITOMPULL, S.M.; NOORDWIJK, M. van.; PALM, C. 2001. Methods for sampling carbon stocks above and below ground. In: NOORDWIJK, M. van.; WILLIAMS, S. and VERBIST, B. (Ed.). **Towards integrated natural resource management in forest margins of the humid tropics: local action and global concerns**. ICRAF. ABS Lecture Note 4 A, ICRAF: Bogoi, 49p., 2001.

HIGUCHI, N.; CHAMBERS, J.; SANTOS, J. dos; RIBEIRO, R. J. et al. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. **Floresta**, v. 34, n. 04, p. 295-304, 2004.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação de floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 28, p. 153-165, 1998.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climatic Change 2001: the scientific basis**. HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P. J.; DAI, X. MASKELL, K.; JOHNSON, C. A. (Eds). Cambridge University press, Cambridge, 2001. 881 p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climatic Change 2007: Synthesis Report**. Cópia não editada, 2007. 23p.

KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F. Fontes e níveis de erros nas estimativas do potencial de fixação de carbono. In: SANQUETA, C. R. et al. (Eds.). **As florestas e o carbono**. Curitiba, 2002. p. 251-264.

KUCEK, K. T. **Otimização da transesterificação etílica do óleo de soja em meio alcalino**. 107 f. 2004. Dissertação (Mestrado em Química orgânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2004.

LAMARCA JÚNIOR, M. R. et al. Importância da inserção de projetos de conservação da floresta amazônica no Protocolo de Kyoto para redução do desmatamento. **Informações Econômicas**, v.38, n.5, p.37-50, 2008.

LANG, X.; DALAI, A. K.; BAKHSHI, N. N. et al. Preparation and characterization of bio-diesels from various bio-oils. **Biores Technol**, n. 80, p. 53-63, 2001.

LAWSON, H. **Food oils and fats: technology, utilization and nutrition**. New York: Chapman & Hall, 1005.

LI, H. **Ultrasound and Microwave Assisted Extraction of Soybean Oil**. 2002. 77 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Engenharia de Biosistemas)– Universidade do Tennessee, Tennessee, 2002.

LIMA, A. de. et al. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007 (Comunicação Científica).

LORENZI, H.; **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002.

LU, D.; MAUSEL, P.; BRONDIZIO, E.; MORAN, E. Above-ground biomass estimation of successional and mature forests using TM images in the Amazon Basin. In: Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications. **Anais...** Ottawa, 2002. Disponível em: <<http://www.isprs.org/proceedings/XXXIV/part4/pdfpapers/059.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2010.

LUQUE DE CASTRO, M. D.; GARCÍA-AYUSO, L. E. Soxhlet extraction of solid materials: an outdated technique with a promising innovative future. **Anal. Chim. Acta**, v. 369, p. 1-10, 1998.

MAFART, P.; BELIARD, E. **Ingenieria industrial alimentária**. Zaragoza: Acríbia, 1994. 227 p.

MARQUES, M. C. S. **Estudo fitoquímico e biológico dos extratos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb)**. 2001. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MEDRANO, M. F. **Avaliação da sustentabilidade do biodiesel de soja no Brasil**. 2007. 98f. Dissertação (Mestrado em Política e Gestão Ambiental)– Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MELO, J. C. et al. Avaliação preliminar do potencial do pinhão manso para a produção de biodiesel. **Biodiesel**, p. 198-203, 2008. Disponível em: <<http://ceragro.iica.int/Documents/Forms/DispForm.aspx?ID=133>>. Acesso em: 03 set. 2010.

MICOL, L. et al. **Redução das Emissões do Desmatamento e da Degradação (REDD)**: potencial de aplicação em Mato Grosso. Cuiabá: ICV, 20 ed, 2008. 92p. NOBRE, C. A. A Amazônia e o carbono atmosférico. **Scientific American Brasil**, 6 ed., 2002.

NOBRE, C.; NOBRE, A. **O balanço de carbono da Amazônia brasileira**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 16, n. 45, p. 81-90, 2000.

O'BRIEN, R.D. **Fats and oils**: formulation and processing for applications. 2 ed. New York: Crc LLC, 2004.

PAKULA M., WALCZYK M., BINIAK S., S´WIATKOWSKI A. Electrochemical and FTIR studies of the mutual influence of lead (II) or iron (III) and phenol on their adsorption from aqueous acid solution by modified activated carbons. **Chemosphere**, v. 69, p. 209-219, 2007.

PARKER, C.; MITCHELL, A.; TRIVEDI, M.; MARDAS. N. **The Little REDD Book**: A guide to governmental and non-governmental proposals for reducing emissions from deforestation and degradation. Oxford: Global Canopy Foundation, 2008. 117 p.

PÁSCOA, F.; MARTINS, F.; GONZÁLES, R. S.; JOAO, C. Estabelecimento simultâneo de equações de biomassa para o pinheiro bravo. In: **SIMPÓSIO IBEROAMERICANO DE GESTIÓN Y ECONOMÍA FORESTAL**, 2., Barcelona. p. i-f, 2004.

PEIXOTO, A. R. O Pequi e a lavoura no Cerrado. In: **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. p.197-226.

PIGHINELLI, A. L. et al. Otimização da prensagem a frio de grãos de amendoim em prensa contínua tipo expeller. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, n. 28, p. 66-71, 2008.
PINTO, E. de P. P. et al. **Perguntas e respostas sobre aquecimento global**. Belém: IPAM, 2009.

REZENDE, A. V.; VALE, A. T. de; SANQUETTA, C. R.; FILHO, A. F.; FELFILI, J. M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado sensu stricto em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, n. 71, 2006. p. 65-76.

REZENDE, D.; MERLIN, S.; SANTOS, M. **Sequestro de Carbono: uma experiência concreta**. Palmas: Instituto Ecológica, 2ed, 2001, 178p.

RIBEIRO, S. C. et al. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais. **Rev. Árvore**, v. 33, n. 5, p. 917-926, 2009.

RIBEIRO, S. C. **Quantificação do estoque de biomassa e análise econômica da implementação de projetos visando a geração de créditos de carbono em pastagem, capoeira e floresta primária**. 2007. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

ROMAO, L. P. C. et al. Structure and properties of brazilian peat: analysis by spectroscopy and microscopy. **J. Braz. Chem. Soc.**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 714-720, 2007.

ROSENTHAL, A.; PYLE, D.L.; NIRANJAN, K. et al. Combined effect of operational variables and enzyme activity on aqueous enzymatic extraction of oil and protein from soybean. **Enzyme and Microbial Technology**. v. 28, p. 499-509, 2000.

SANDLER, I. S. **Chemical and engineering thermodynamics**. New York: John Wiley & Sons, 1989. 622 p.

SANTANA, J. das G.; NAVES, R. V. Caracterização de ambientes de cerrado com alta densidade de pequizeiros em Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 1, n. 33, p. 1-10, 2003.

SANTOS, B. R. **Micropropagação de pequi (Caryocar brasiliense Camb.)**. 2004. 239 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SANTOS, R. D.; FERRARI, R. A. Extração aquosa enzimática de óleo de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 132-138, 2005.

SCHUCHARDT, U. et al. Matérias-primas alternativas para produção de biodiesel por catálise ácida. In: I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. **Anais...** Brasília: MCT/ABIPTI, 2006. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congressso2006/producao/primas36.pdf>> Acesso em: 01 set. 2010.

SEDJO, R. A.; SOHNGEN, B. JAGGER, P. **Carbon Sinks in the Post-Quito World**. RFF Climate Issue Brief # 12. Washington: Resources for the future. 1998, 12 p.

SENA, D.; RODRIGUES, F.; FREIRE, P.; de LIMA, S.; COUTINHO, H.; CARVAJAL, J.; da COSTA, J. Physicochemical and spectroscopical investigation of Pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) pulp oil. **Grasas y Aceites**, v. 61, n. 2, p.191-196, 2010.

SILVA, F. C. **Compartilhamento de nutrientes em diferentes componentes da biomassa aérea em espécies arbóreas de um cerrado**. 1990. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 1990.

SIQUEIRA, A. de S. Alometria de *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) em diferentes fisionomias do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, GO. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 3, 2006. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v6n3/pt/abstract?short-communication+bn01806032006>>. Acesso em: 30 Out. 2010.

SMITH, J. et al. Harnessing carbon markets for tropical forest conservation: towards a more realistic assessment. **Environmetal conservation**, Reino Unido, v. 27, n. 3, p. 300-11, set. 2000.

SOCHER, L. G. **Dinâmica e biomassa aérea de um trecho de Floresta Ombrófila Mista aluvial no município de Araucária, Paraná**. Curitiba: 2004. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2004.

SOMOGYI, Z.; CIENCIALA, E.; MÄKIPÄÄ, MUUKKONEN, P.; LEHTONEN A.; WEISS, P. Indirect methods of large forest biomass estimation. **Europe Journal Forest Research**. [s.n], 2006.

SOUZA, A. I. de; SALVIANO, A. **A cultura do pequi**. Belo Horizonte: EMATER, 1 ed., 2002.

SOVOVÁ, H. Rate of the vegetable oil extraction with supercritical CO₂-modeling of extraction curves. **Chemical Engineering Science**, v. 49, p. 409-414, 1994.

STAUB, C. Supercritical fluid extraction and hair analysis: the situation in 1996. **Forensic Science International**, v. 84, p. 295-304, 1997.

STERN, N. **Stern Review: The Economics of Climate Change**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2006.

TREYBAL, R. E. **Mass-transfer operations**. 3 ed., New York: Mcgraw-Hill International, 1981. 784p.

URBANO, E.; MACHADO, S. do A.; FILHO, A. F.; KOEHLER, H. S. Modelagem da biomassa aérea em bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba. **Floresta**, v. 38, n. 02, 2008.

VASQUES, E. de. C. **Adsorção de glicerol, mono- e diglicerídios presentes no biodiesel produzido a partir do óleo de soja**. 2010. 70 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

VICENTE, G.; MARTÍNEZ, M.; ARACIL, J. Integrated Biodiesel Production: A Comparison of Different Homogeneous Catalysts Systems. **Bioresource Technology**, v. 92, p. 297-305, 2004.

VIEIRA, G. E. G. **Novas fontes alternativas de energia: processo aperfeiçoado de conversão térmica**. 2004. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro/RJ, 2004.

VIEIRA, S. A. et al. Estimation of biomass and carbon stocks - the case of the Atlantic Forest. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2, p. 21-29, 2008. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v8n2/en/abstract?point-of-view+bn00108022008>>. Acesso em: 30 Out. 2010.

VIROT, M.; TOMAO, V.; COLNAGUI, G.; VISINONI, F.; CHEMATA, F. New microwave-integrated Soxhlet extraction: An advantageous tool for the extraction of lipids from food products. **Journal of Chromatography A**. n. 1174, p. 138–144, 2007.

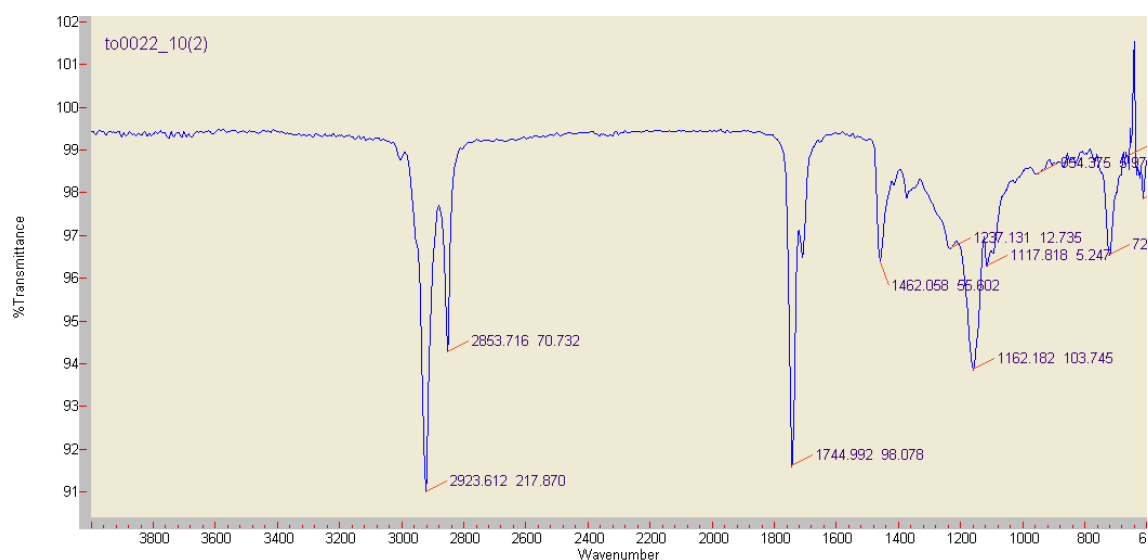
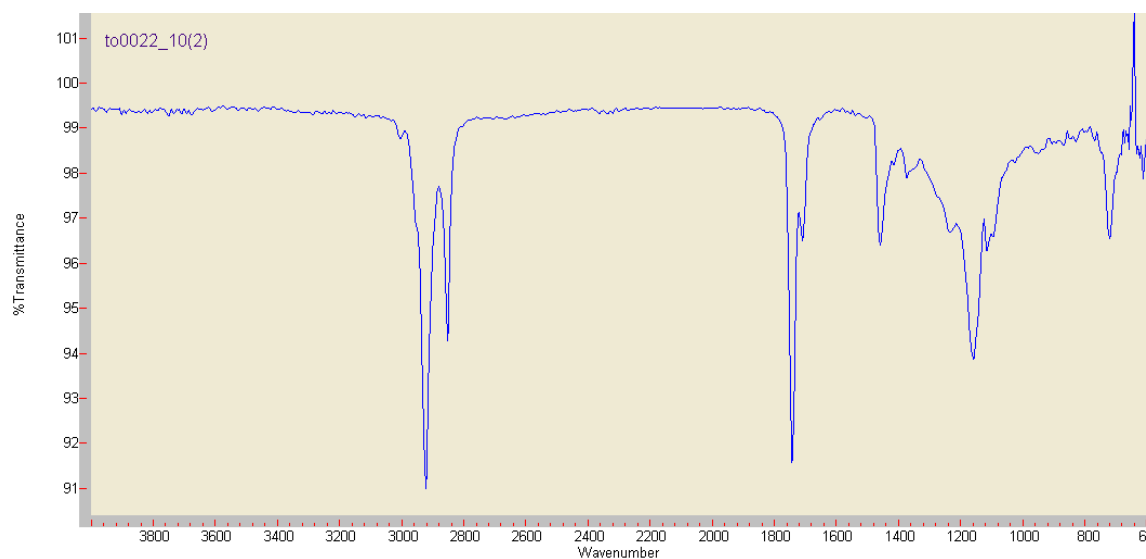
WATZLAWICK, L. F.; KOEHLER, H. S.; KIRCHER, F. L. **Estimativa da biomassa e carbono em plantios de Pinus taeda L. utilizando imagens do satélite IKONOS II**. Ciência e Natura, UFSM, n. 01, pg. 45-60, 2006.

WHITE, P.J.; Fatty acids in oilseeds (vegetable oils). In WHITE, P. J. **Fatty acids in foods and their health implications**. New York: Marcel Dekker, v.1, 1992.

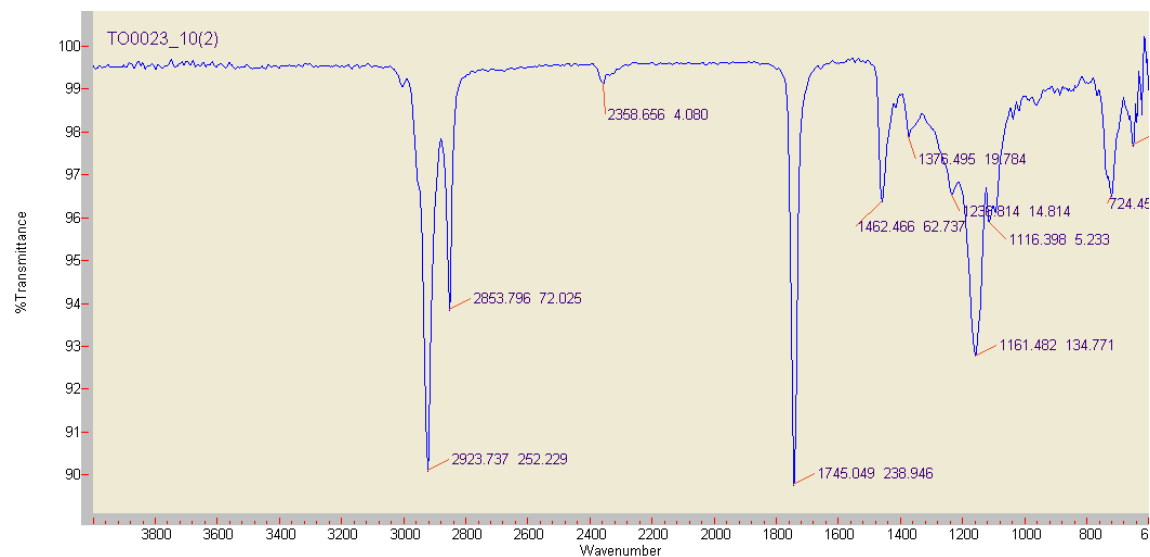
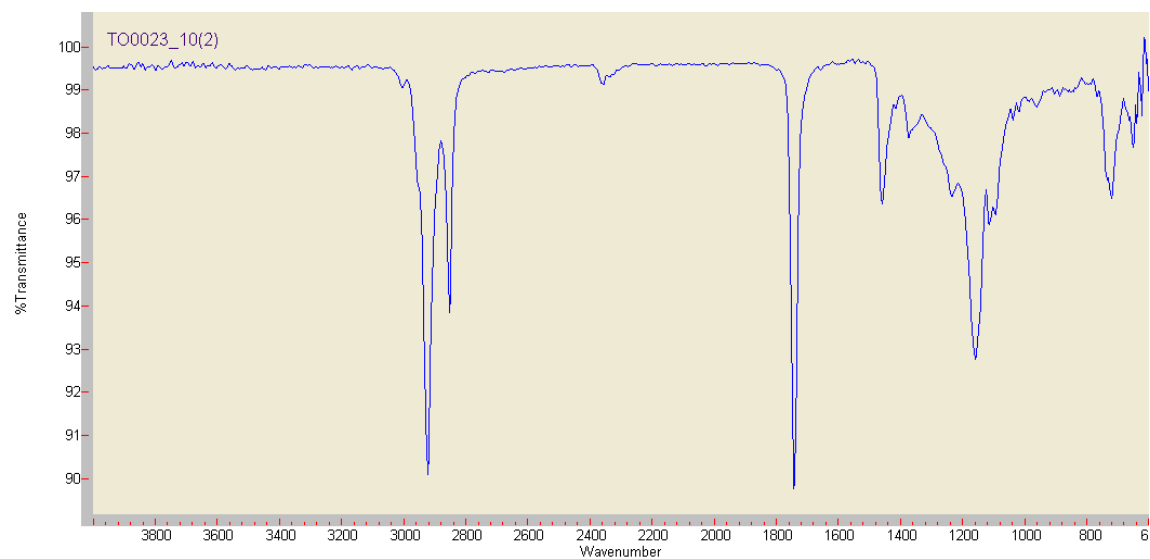
ANEXOS

ANEXO A – Espectros do óleo vegetal de pequi para indivíduos de pequi

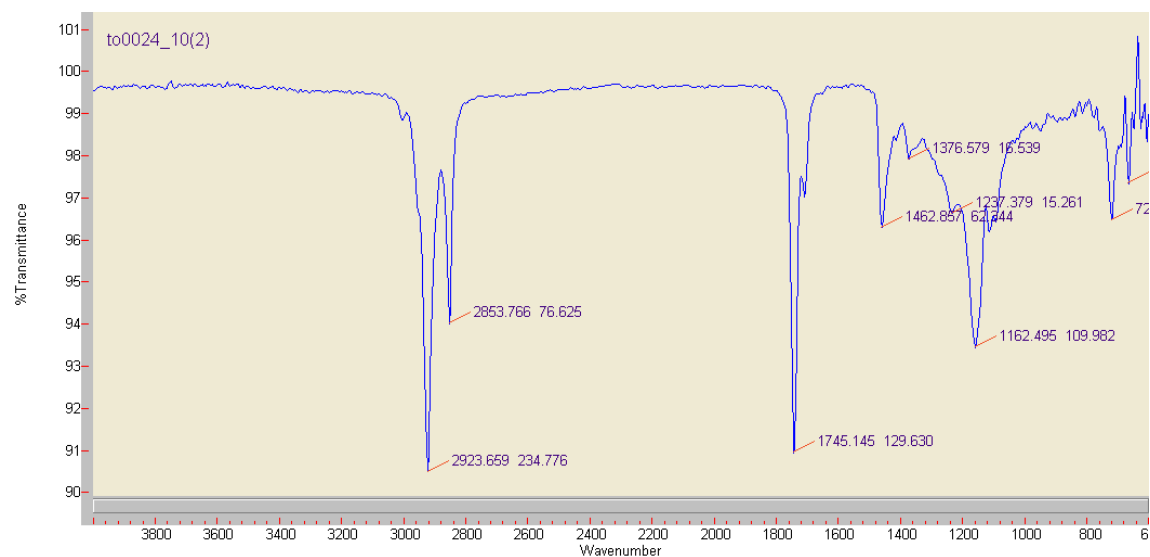
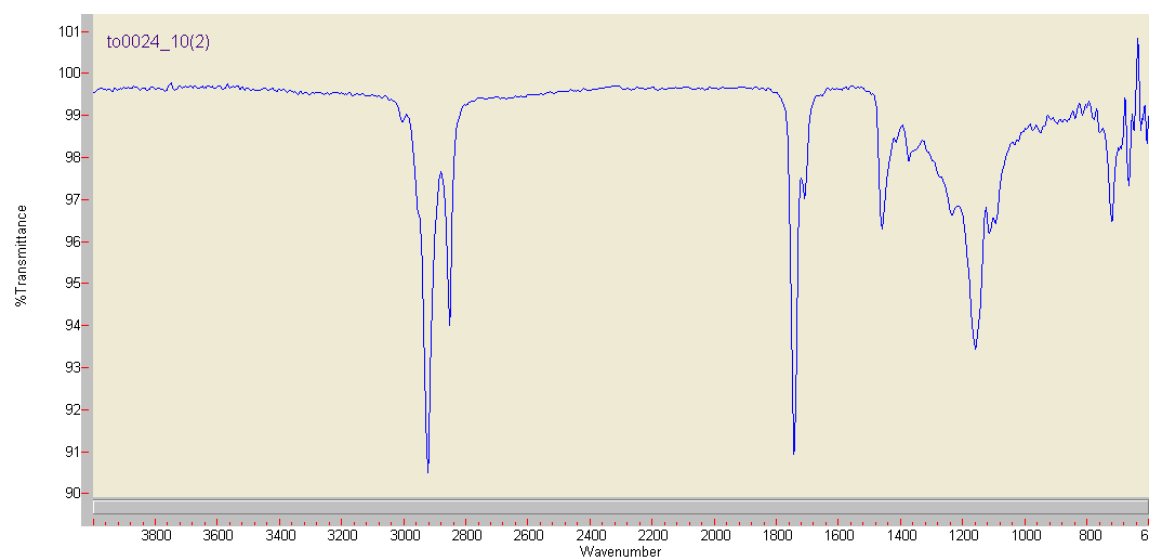
A.1 – Espectro do indivíduo 1



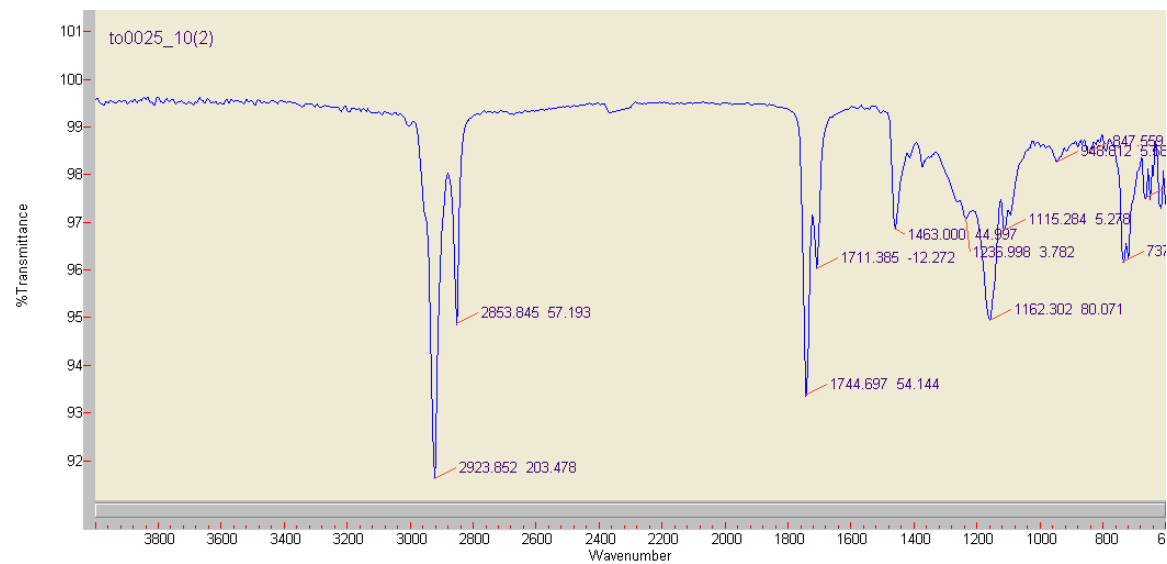
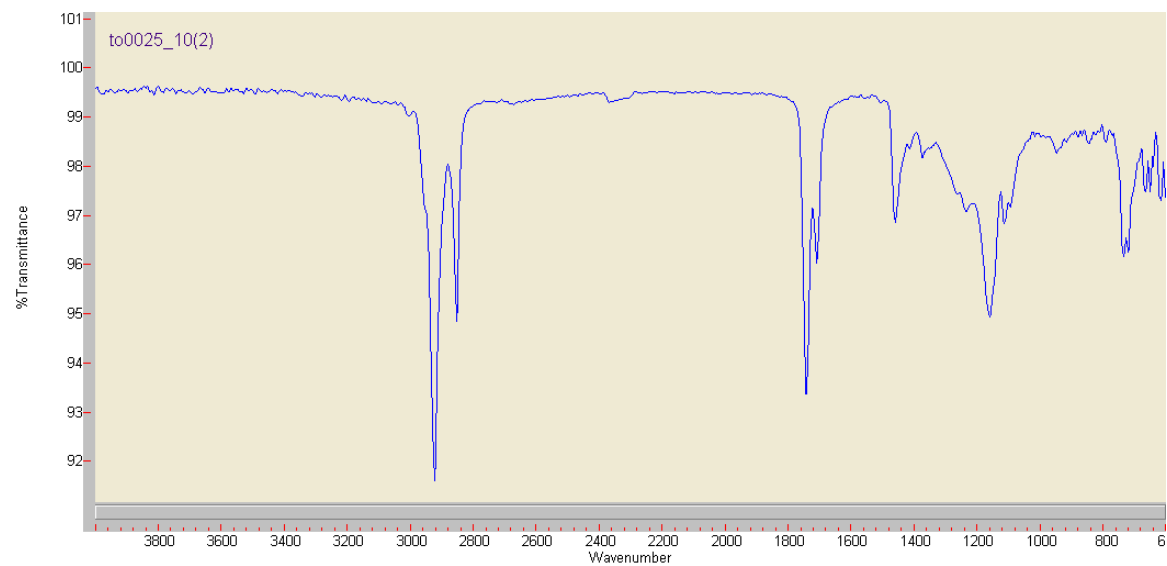
A.2 – Espectro do indivíduo 2



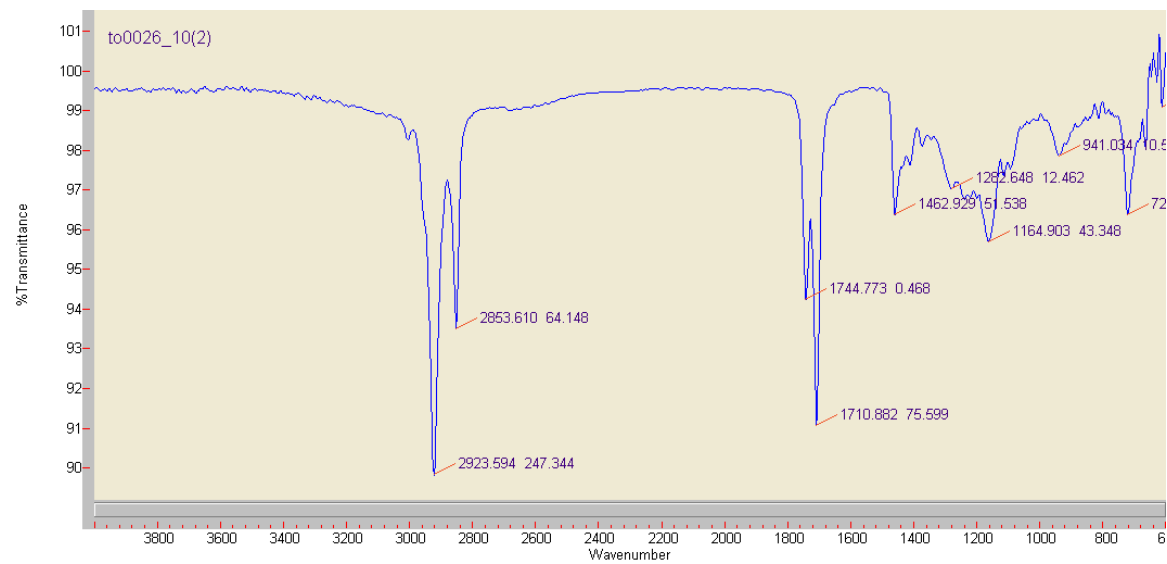
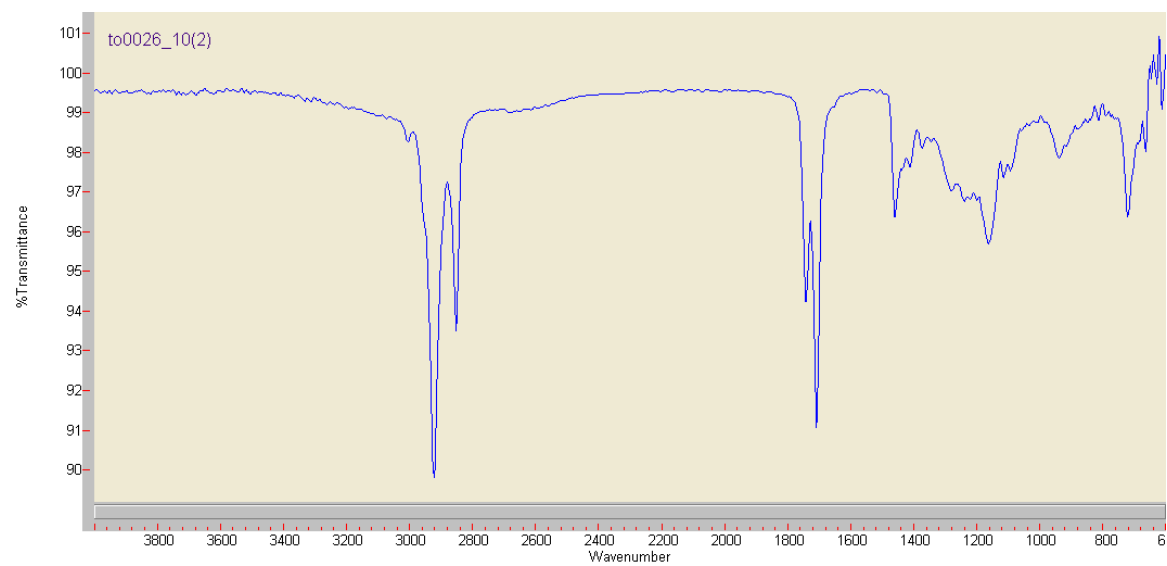
A.3 – Espectro do indivíduo 3



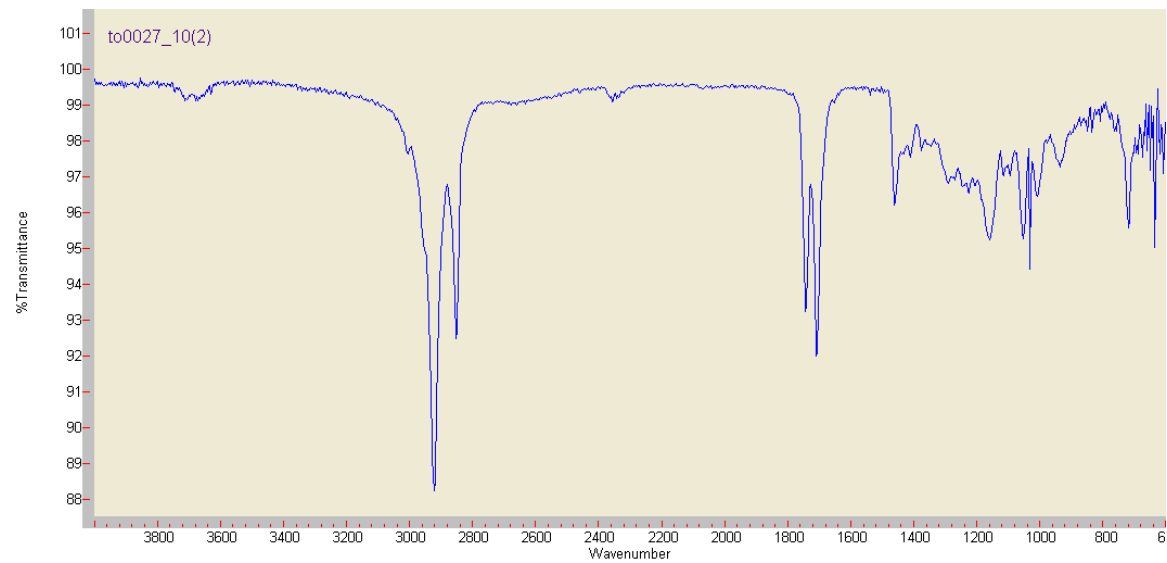
A.4 – Espectro do indivíduo 9



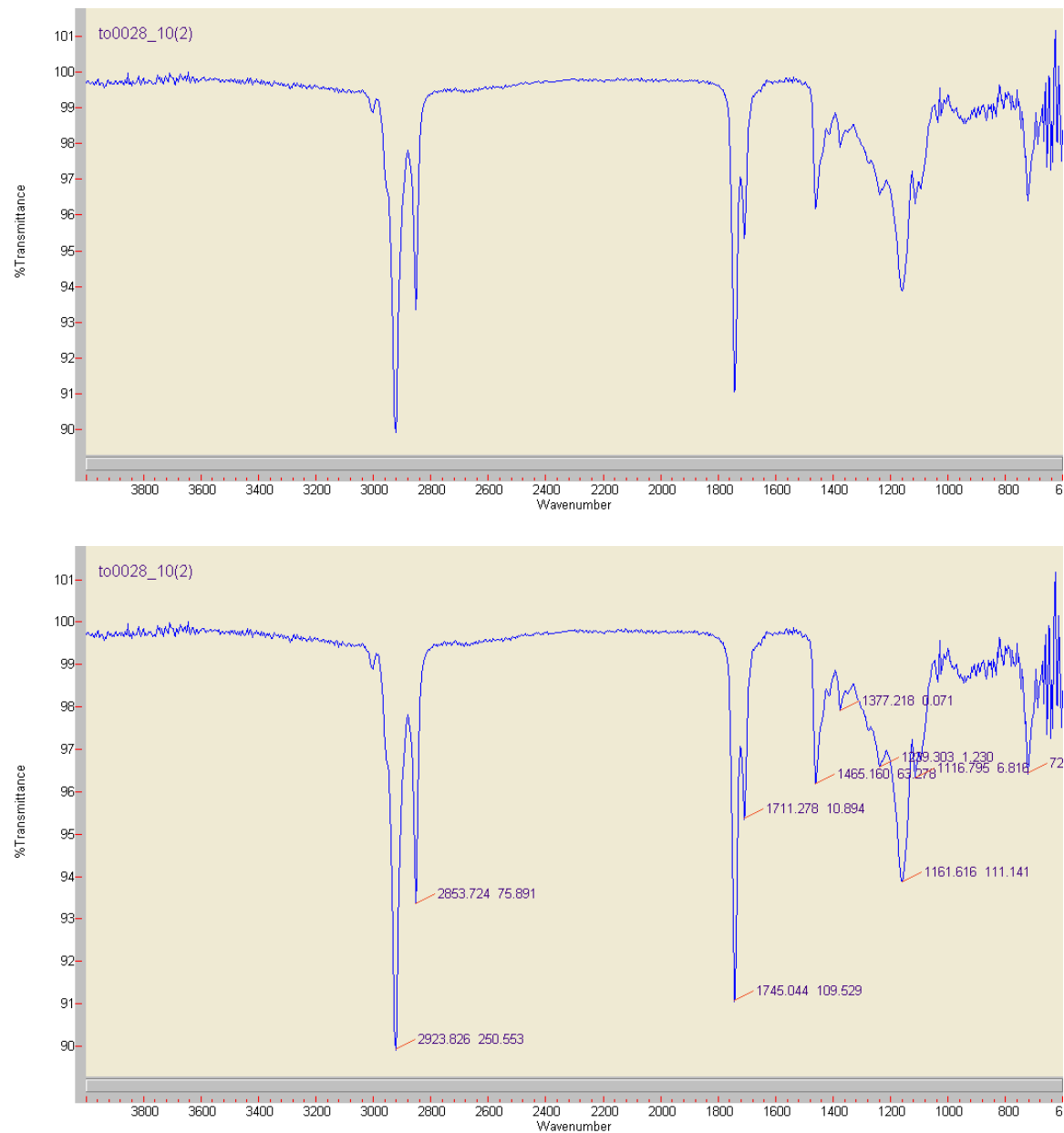
A.5 – Espectro do indivíduo 11



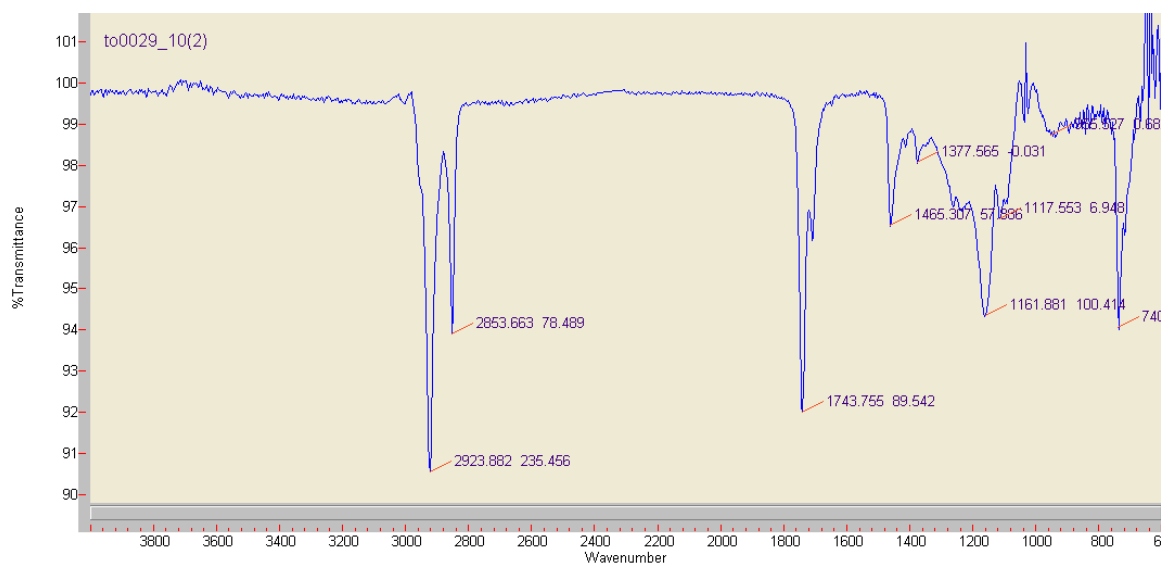
A.6 – Espectro do indivíduo 13



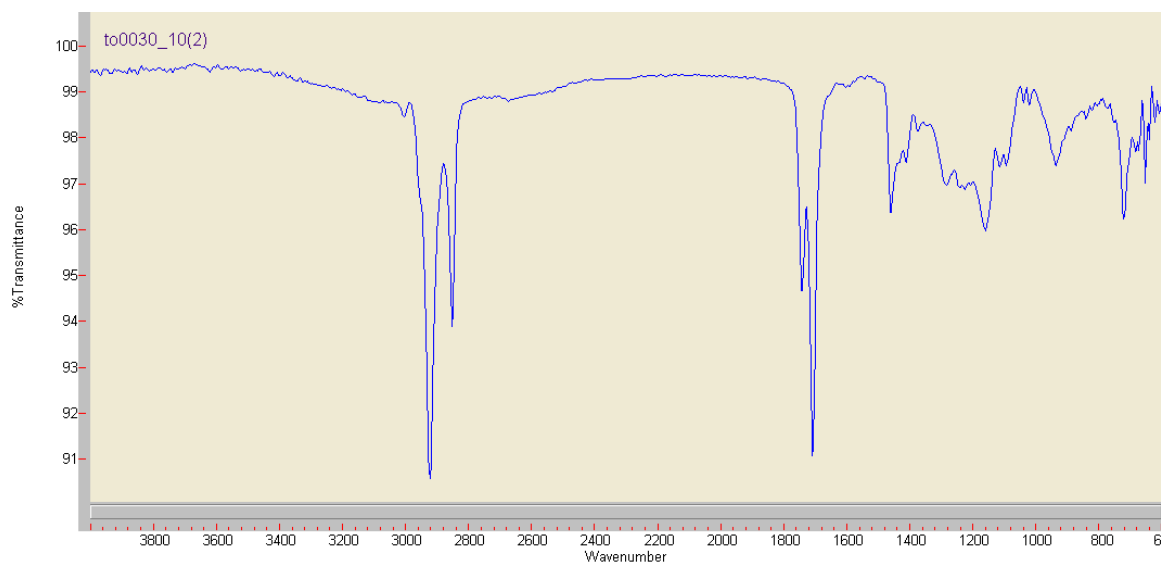
A.7 – Espectro do indivíduo 15



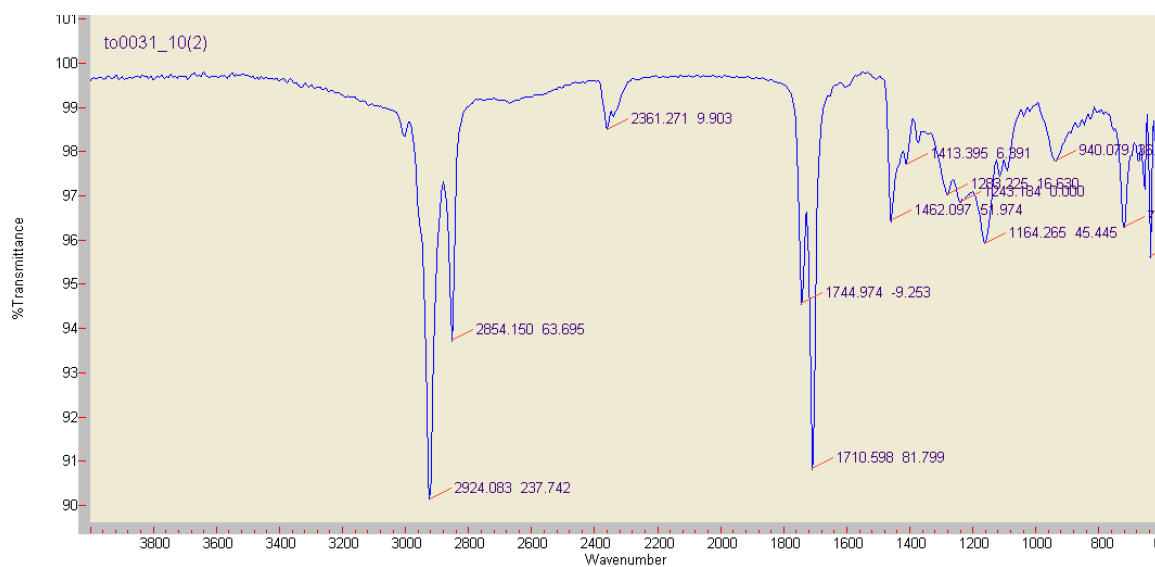
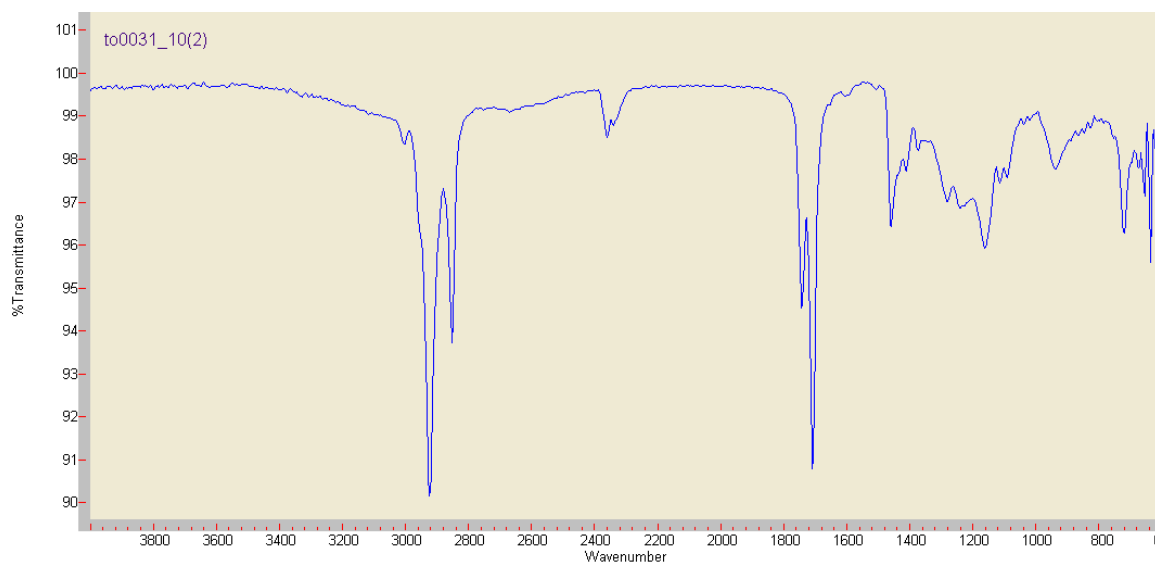
A.8 – Espectro do indivíduo 16



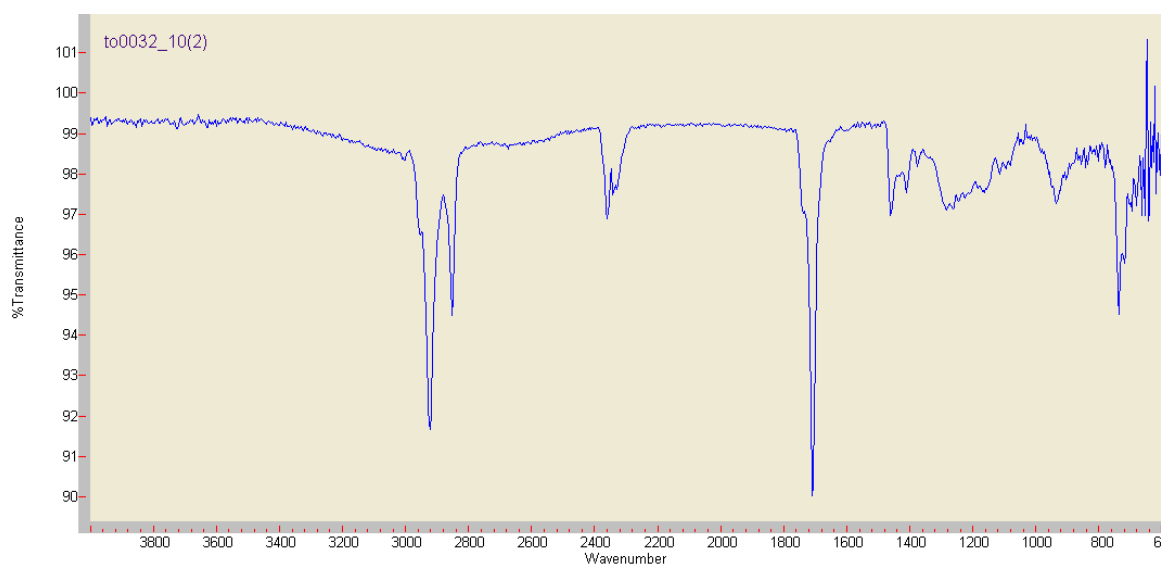
A.9 – Espectro do indivíduo 19



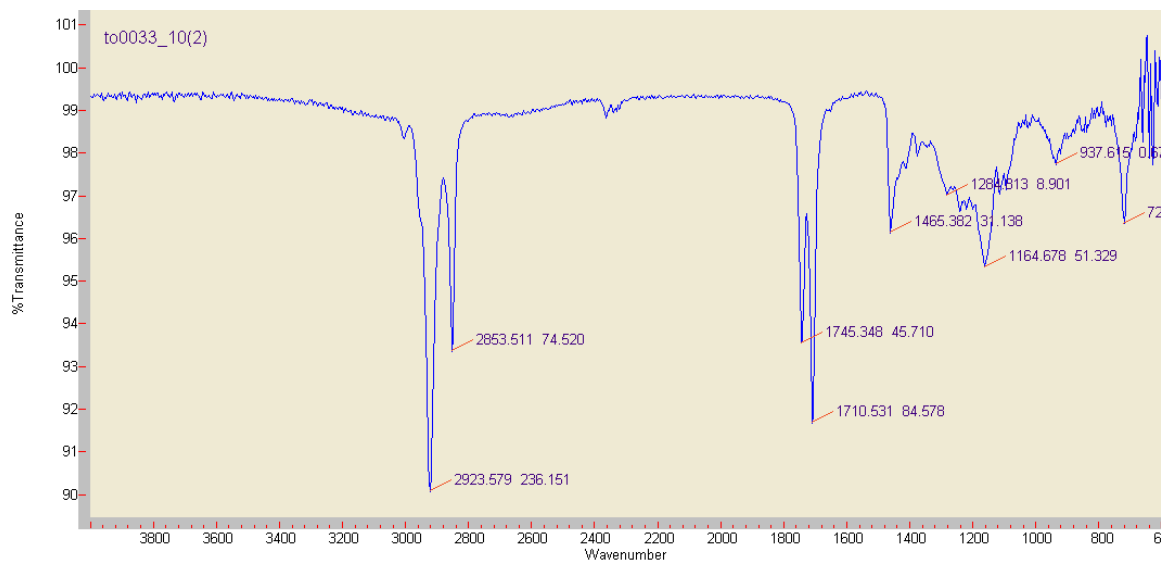
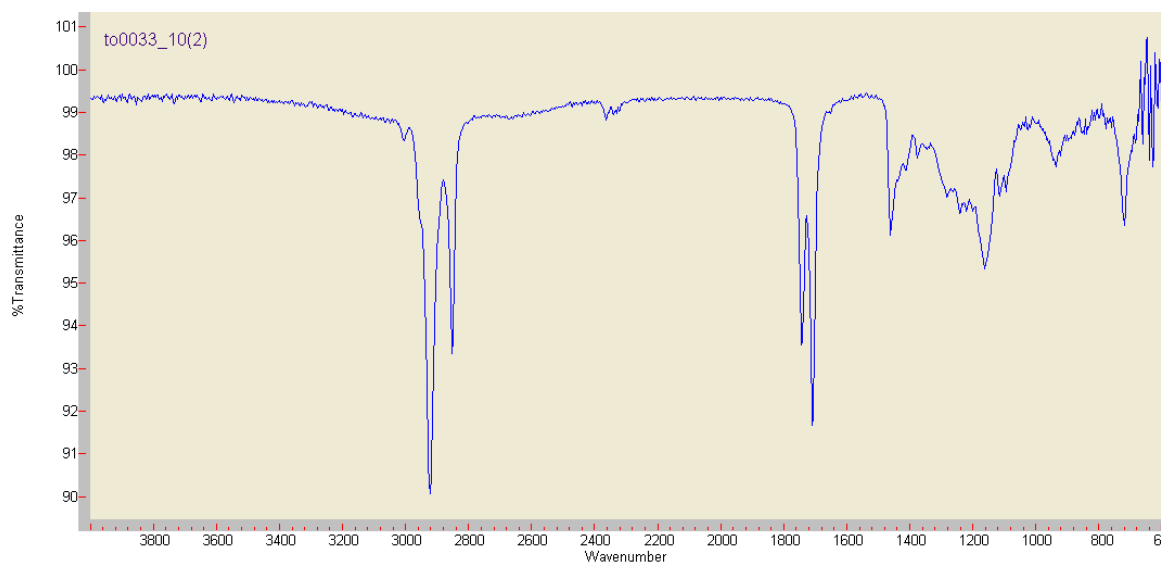
A.10 – Espectro do indivíduo 22



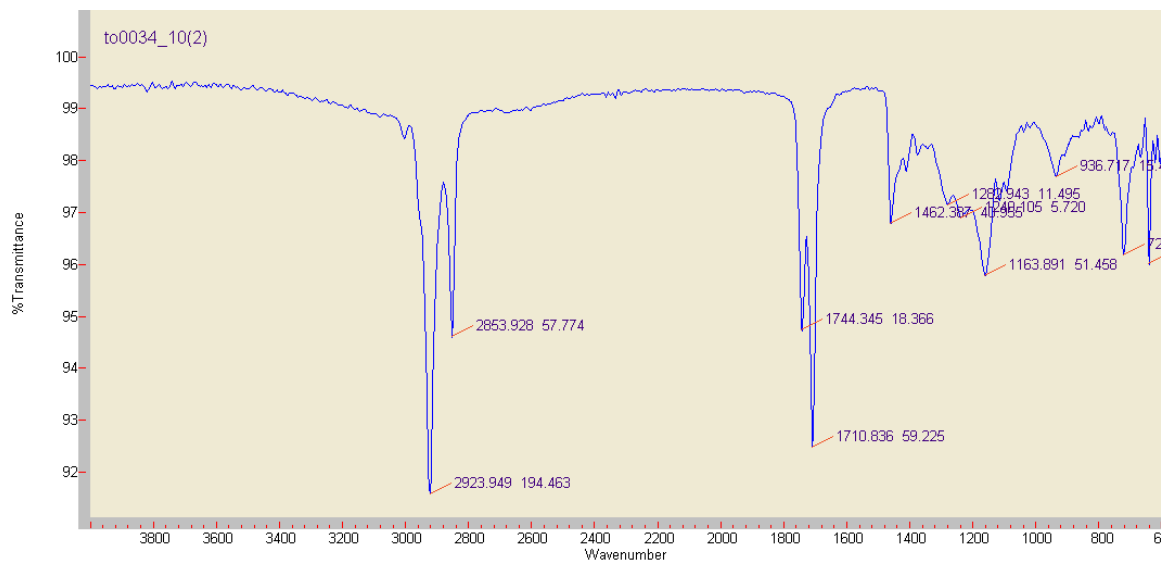
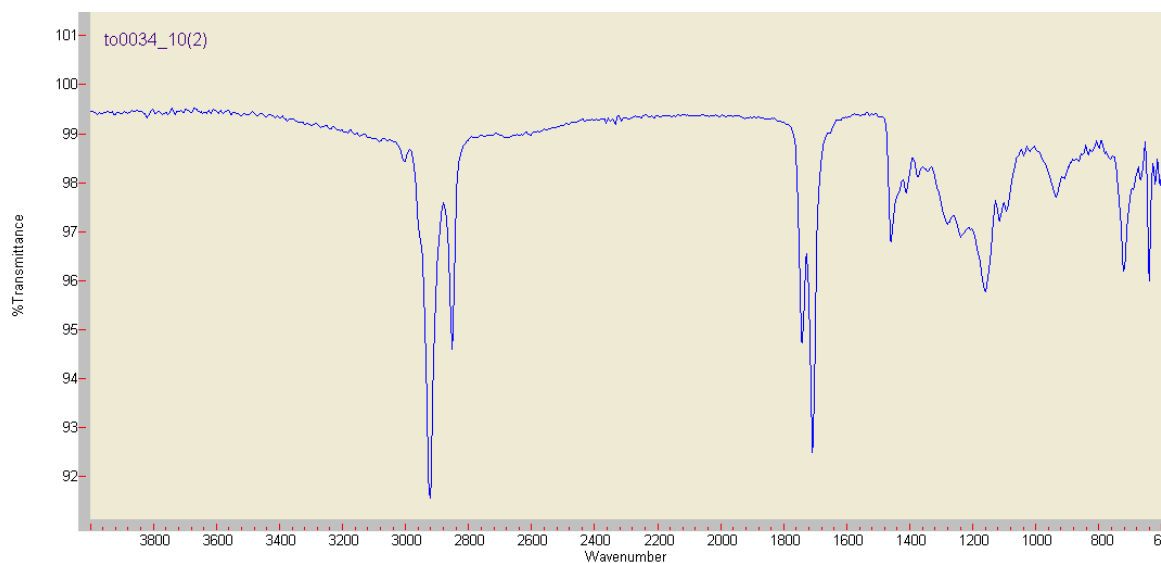
A.11 – Espectro do indivíduo 24



A.12 – Espectro do indivíduo 25



A.13 – Espectro do indivíduo 30



A.14 – Espectro do indivíduo 31

