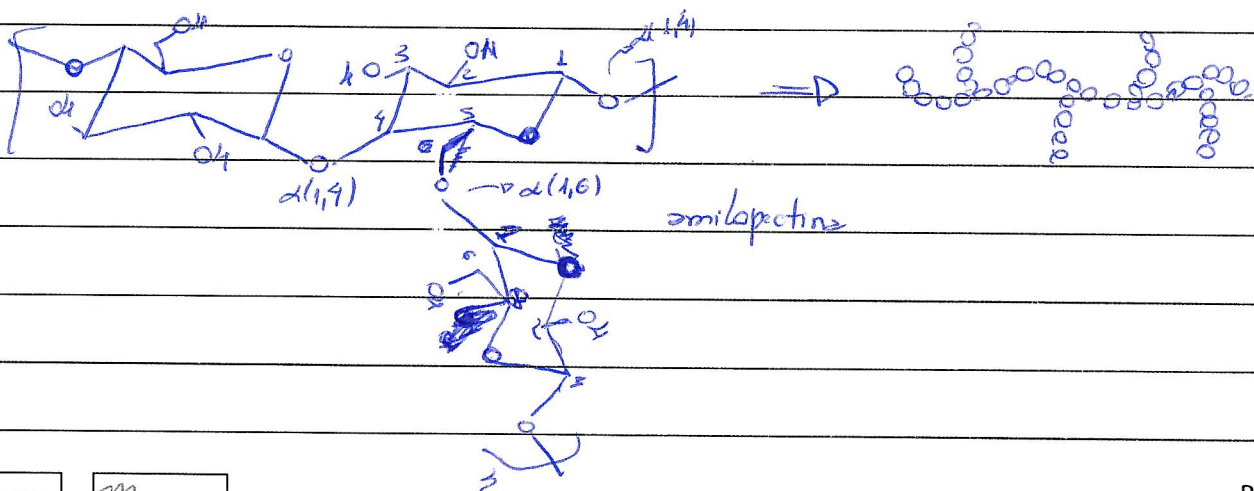
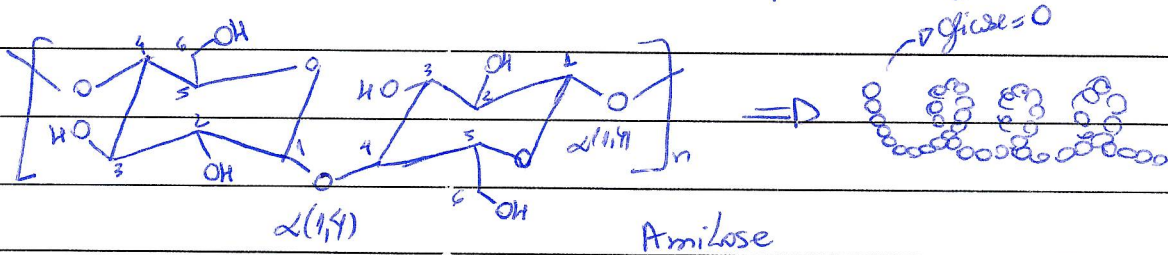


Questão 2: item 4

1) Contextualização

Os amiláceos correspondem a classe dos amidos que são moléculas poliméricas compostas por carbono, hidrogênio e oxigênio, por isso são considerados carboidratos, de origem natural, ligados por polissacarídicos de duas formas: a amilose, moléculas de um único monômero, glicose ($C_6H_{12}O_6$), ligada por ligações glicosídicas do tipo $\alpha(1,4)$, sem ramificação, constituindo uma estrutura helicoidal, conforme mostra a Figura 1, e amilopectina, também polissacarídica com um único monômero, glicose, mas além de ligações $\alpha(1,4)$, possui ramificações com ligações glicosídicas do tipo $\alpha(1,6)$, tendo como estrutura mais amorfa, menos organizada. Tanto a amilose quanto a amilopectina se encontram no grão de amido, e seu teor vai depender de origem botânica da biomassa, mas geralmente a amilopectina tem maior teor.

Figura 1 - Estruturas da amilose e amilopectina no grão de amido.



Handwritten signatures and initials in boxes.

As principais fontes de amido são as biomassas de superfície, como milho, trigo, arroz; de tubérculos e raízes, como a mandioca, batata, inhame. Costuma-se chamar de fúculo o amido extraído, por exemplo, da mandioca.

O Brasil possui rico ecossistema, e devido ao seu clima, abundância em água, e vasta extensão territorial, é um país de muita agricultura, e produz inúmeras vegetais a base de amidos, como batata, a mandioca, o milho e o arroz.

A China é um dos grandes produtores de amido a partir de arroz e milho, assim como os Estados Unidos que concentram a produção de etanol a partir do milho, bem como diversos derivados que serão descritos nos próximos tópicos.

② Processo de obtenção e purificação do amido

Como dito anteriormente, são diversas as vegetais/biomassas que possuem em suas composições, o amido, que variam o teor de água, com a betulina e espécies. O milho, arroz e mandioca são as fontes de matéria-prima para extrações de amido mais utilizadas em processos industriais, fornecendo maior teor de amido, além de proteínas e demais compostos.

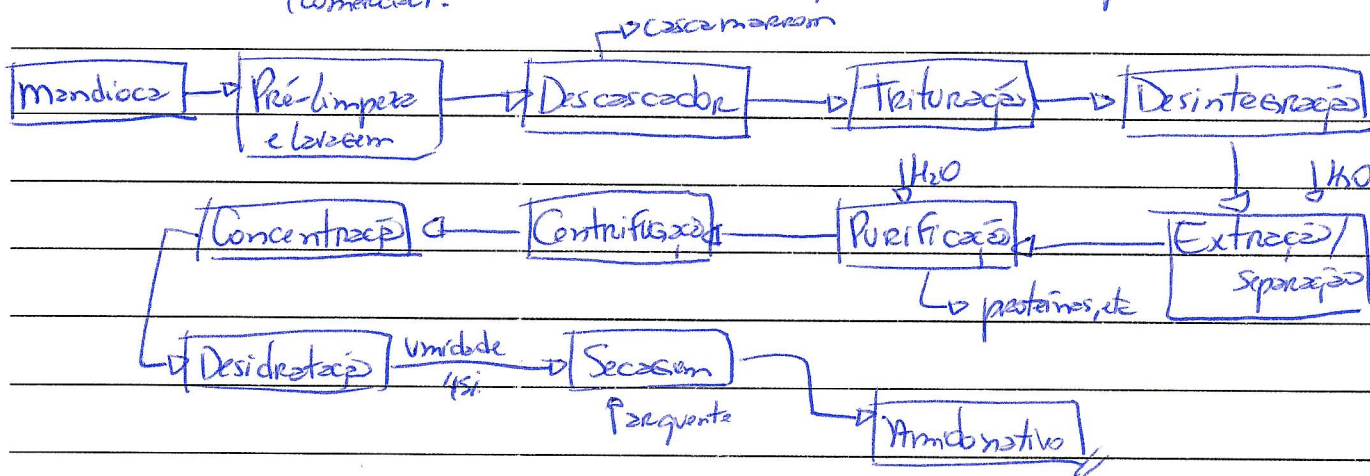
O processo industrial de obtenção de amido vai variar de acordo com o vegetal, pois, por exemplo do milho, é necessário extrair o gérmen contido no grão de milho, pois neste se extrai óleo vegetal usado na produção de biodiesel, o qual já é utilizado comercialmente. Retirando o gérmen, por processos de resúps alcalinos (Nook), moagem e centrifugação; o amido é extraído por lavagem, retirando os proteínas solúveis; e por fim o amido úmido é concentrado e seco, ou segue por etapas de fermentação no caso de fermentação para produzir etanol.

Destacando o grande uso de fúculo de mandioca, muito usado no

Brasil, tanto para aplicações "in natura" de amido em indústrias de alimentos, gases, etc, quando este amido, ser convertido, modificado ou hidrolisado em produtos de alto valor agregado.

Conforme mostra o esquema de diagrama de blocos da Figura 2, a ~~obtenção~~ obtenção do amido a partir da mandioca, muito produzida no sul do Brasil e Centro-Oeste, a mandioca é primeiro colhida e do terra, e feita uma pré-limpeza por retirada de casca, terra e pedregulhos visíveis do solo. Em seguida a mandioca é lavada e segue para um descascador, onde por meio de peças rotatórias específicas para o indústrias, o mândioca é descascado e retirado a cerca de 10%. Após o descascador, que utiliza água para facilitar a retirada do casca, a mandioca é triturada por meio de um grande liquidificador industrial e segue para a etapa de desintegração, onde é ralada para rompimento das paredes celulares e retirada do amido. Água é adicionada para separar e extrair o amido de outros compostos solúveis, como as proteínas. O amido então é purificado com adição de mais água, pois amido é insolúvel em água mais fria, e segue para etapas de desidratação e secagem.

Figura 2 - Etapas resumidas de obtenção de amido a partir de mandioca (comercial).



A desidratação e a secagem utilizam aquecimento

de aldeídos. O amido nativo segue por caracterização de qualidade quanto sua composição, testes de amilose e amilopetina, pectínicos e etc, antes de serem comercializados. Utilizam técnicas como titulação com iodo, colorimetria, espectroscopia UV-Vis, entre outras.

Como visto em todo o processo, há muita adição de água nos etapas de obtenção, que viram efluentes que devem ser tratados. De lá disto, que a mandioca contém em sua composição, amidos, que são liberados no tratamento; logo esse composto vai juntamente com o efluente para as grandes lagoas de tratamento, que as reações com o ar ~~atmosférico~~ atmosférico e energia solar, libera gases tóxicos como o gás iônico. Para isso, algumas empresas já utilizam o uso de biodigestores, que cobrem as lagoas, capturando o biogás, além de bioretanos, gerados no decomposição anaeróbica. Esse bioretano é usado para queimar dentro nas caldeiras.

③ Conversão de amido em produtos

Existem três formas de utilização do amido purificado e devidamente caracterizado, que consistem em:

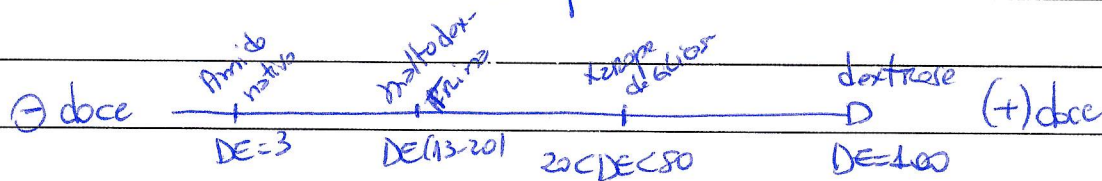
- Amido nativo: Amido "in natura" sem tratamentos químicos e físicos, mais usado para alimentos e suplementos.
- Amido modificado: O amido nativo pode sofrer processos químicos ou físicos de modificações, sem quebras das ligações glicosídicas polissacarídicas, tais como gelatinização para aumentar a viscosidade, pode ser usado como espessante na indústria de alimentos, ou aumento de hidrofobicidade para uso na indústria de papel e papéis, ou como tensoativos, adicionando compostos ~~colônicos~~ colônicos, modificando as propriedades do amido e sua estabilidade.
- Amido hidrolisado: Este processo tem maior valor comercial, pois as hidrólises a cadeia polissacarídica, geram os açúcares, ^{oligosacáridos} oligossacarídeos ou monossacarídeos, conforme o grau de hidrólise, que podem ser convertidos ou usados

na indústria química.

A hidrólise do amido pode ser realizada quimicamente com uso de ácidos, por exemplo H_2SO_4 (ácido sulfúrico) diluído, ou por uso de enzimas específicas, como a α -amilase e β -amilase. As enzimas são mais utilizadas pois dependendo deste, o grau de hidrólise varia.

O grau de hidrólise, também é conhecido como Dextrose Equivalente (DE), que mede o número (concentração) de açúcares solúveis, como o caso da glicose (dextrina) de acordo com as quatro unidades. Como mostra o esquema do Figure 3, a sacarose vai até DE=100, quando a cadeia polissacarídica do amido foi totalmente hidrolisada em dextrase, que tem mesma composição que glicose (C6H12O6) mas deriva a luz polimerizada para a direita (dextrôgenol).

Figure 3 - Escala de DE para hidrolisados de amido.



Segundo a Figure 3, a maltodextrina é um derivado hidrolisado do amido, muito usado como suplemento energético de recuperação muscular, encontrado comercialmente em sua forma mais pura ou em formulações de géis, entre outros, para quem pratica exercício físico de alta intensidade.

É um oligossacarídeo, e também é usado na produção de alimentos, como espessante, e possui baixo teor calórico, comparado aos açúcares de mesa, a sacarose.

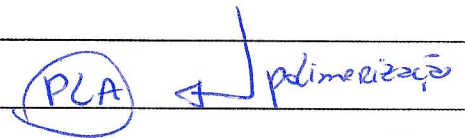
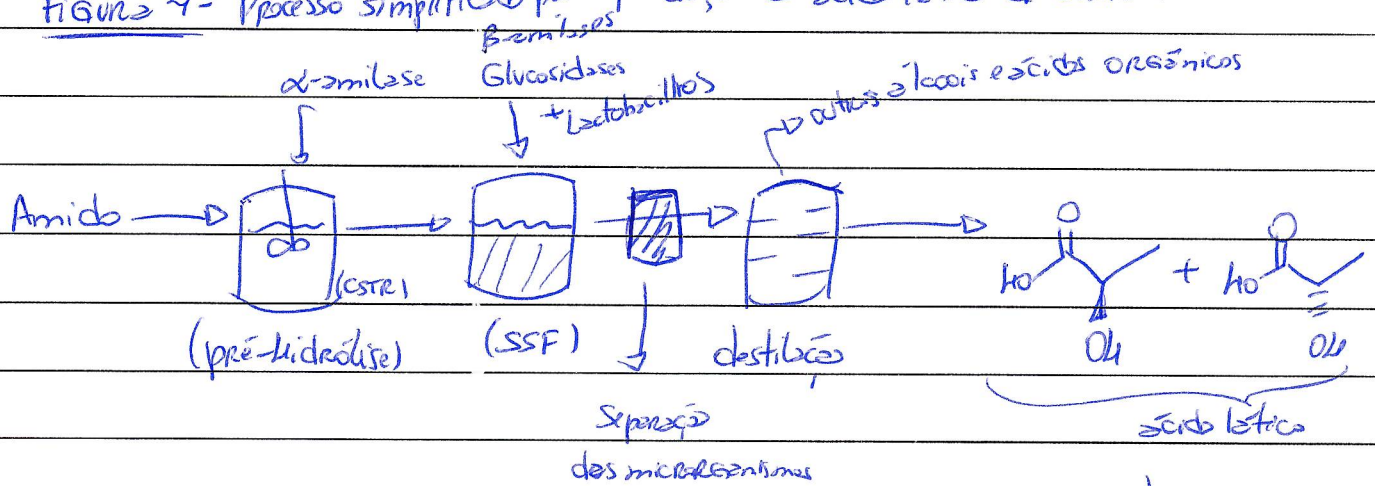
O xarope de glicose, ou xarope de glicose-frutose, são importantes produtos derivados do amido hidrolisado, pois são usados na indústria de refrigerantes e bebidas em geral para adoçar, ou em molhos para comer vegetais, ou no ketchup, mostardas, entre outros.

O monossacarídeo, dextrase (glicose) podem ser fermentados em produtos de

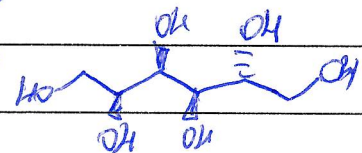
 

alto valor agregado, como etanol para combustível, virtúdes como adoçante e ácido lático para uso como polímeros PLA (poliácido lático), sendo um polímero biodegradável. O ácido lático é muito produzido no China, a partir de amido de arroz, com uso de enzimas para hidrólise e leveduras do tipo "Lactobacillus" para gerar o ácido lático, conforme apresentado no esquema do figura 4, em que se utiliza o processo SSF (~~Simultaneous Saccharification and Fermentation~~ Simultaneous Saccharification and Fermentation) em ~~um~~ mesmo reator para hidrólise e fermentação.

Figura 4 - Processo simplificado para produção de ácido lático de amido.



Outros tipos de ~~produtos~~ ^{produtos} podem ser obtidos, como o ácido succínico, ácido succínico, ácido glutâmico, além de furfural, como o HMF e o furfural, e adoçantes como sorbitol.



Questão 3: item 61) Contextualização

Os materiais lignocelulósicos são provenientes de biomassa residual, como resíduos florestais (madeiras), ou de resíduos de agroindústria, como bagaço de cana-de-açúcar, casca, palha, entre outros. São compostos por celulose, hemicelulose e lignina, que correspondem a estrutura do parede celular das biomassa, dando sustentação. O teor de cada componente varia de acordo com o tipo de biomassa.

A celulose é um polímero natural de unidades polissacarídicas ligadas por ligações glicosídicas do tipo $\beta(1,4)$ entre monômeros de glicose ($C_6H_{12}O_6$), que é uma hexose (aldose). Sua estrutura é altamente cristalina devido a organização de cadeia.

Já a hemicelulose é um polissacarídeo mas contendo hexoses e pentoses em sua composição heterogênea, com monômeros, como:

* hexoses (C_6): glicose, manose e galactose.

* pentoses (C_5): xilose e arabinose.

A lignina é mais complexa de maior peso molecular, contendo em sua composição anéis aromáticos fenólicos, provenientes de álcoois secundários, terciários e hemianílicos que formam guaiacol, sinapil, entre outros no processo de deslignificação.

A produção de combustíveis de primeiro geração, como etanol, no caso do Brasil a partir do caldo de cana-de-açúcar, que envolve resíduos no processo, como o bagaço e a palha, que normalmente sofrem combustão direta (ou queima direta) na presença de oxigênio, para gerar energia e eletricidade por meio de gás (CO_2, H_2O, H_2) para abastecer a própria biorrefinaria, o que acaba não agregando valor à essa biomassa residual lignocelulósica.



Além disso, o material lignocelulósico, podendo gerar produtos de alto valor agregado, como etanol de segunda geração (2G), ácidos orgânicos, furfural, bio-óleo, etc, não compete com a indústria de alimentos, reaproveitando o que seria um "deixo" da processos agroindustriais.

(2) Processos de obtenção e purificação

Atualmente, existem duas rotas de conversão de material lignocelulósico, por meio termoquímico ou bioquímico. Na rota termoquímica, o material lignocelulósico fica em processo em altas temperaturas, para sua degradação, na presença ou ausência de oxigênio, com tratamentos prévios, ou apenas como pré reagem da biomassa.

Esta rota é bastante estudada, sobretudo para geração de bio-óleos a partir do processo rápido, que consiste em aquecer a biomassa em altas temperaturas, na ausência de oxigênio (anoxia) com ~~alto~~ rápido tempo de residência (segundos (s)), grande bio-óleo rico em aromáticos, conforme uma análise espectroscópica ou cromatográfica, para identificar, caracterizar e quantificar o teor de aromáticos conforme o tipo de biomassa. Este bio-óleo pode ser refinado ("upgrading") e ser usado como combustível de alto octanagem. Neste processo de pirólise, também é gerado algum gás e corria vegetal (biochar).

Outra rota ~~bioquímica~~ termoquímica usada com biomassa lignocelulósica é a gasificação em altas temperaturas ($>1000^{\circ}\text{C}$), que inclusive pode ser misturada com plásticos para reciclagem, como o PET (politereftalato de etileno), e gerar gás de síntese ($\text{CO} + \text{H}_2$) de inglês "syngas", um importante bloco de construção "building block" para gerar diversos produtos, como mostra o esquema de figura 4, em que a partir da gasificação de biomassa lignocelulósica, gera-se o syngas, que produz produtos de alto valor agregado como metanol, hidrocarbonetos, hidrogênio (H_2) para amônia (NH_3).

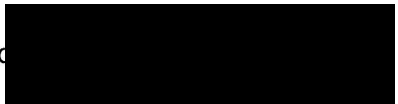
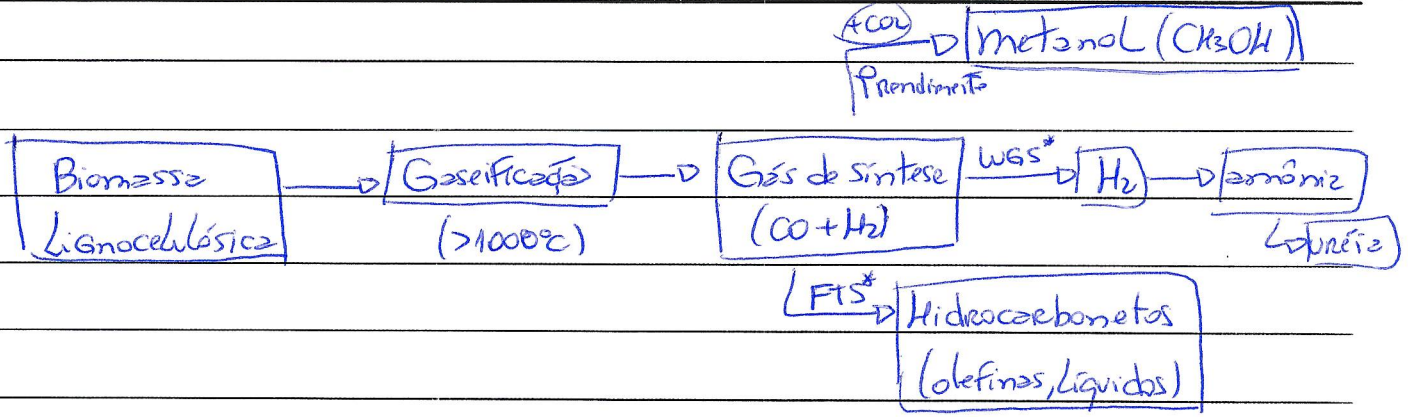


Figura 1 - Diagrama de blocos de gases de síntese como "building block" de biomassa.



* FTS = síntese de Fischer-Tropsch com uso de catalisadores metálicos como ferro e cobalto.

* WGS = do inglês "water-gas-shift" deslocamento de água:



É a rota bioquímica de conversão de material lignocelulósico, processo de pré-tratamento para obtenção dos compostos separados (celulose + hemicelulose + lignina). O pré-tratamento adequado, vai de acordo com uma análise de composição química do material, via técnicas analíticas e instrumentais.

O processo de delignificação, já é bastante utilizado na indústria de papel e celulose, em que se extrai a lignina no processo Kraft, que se baseia em soluções de álcalis, como NaOH e Na2S, formando um licor negro, que é muito poluente, sendo produto da delignificação da lignina, como fenóis, aromáticos de xipil, guaiacol, entre outros.

A escolha de pré-tratamento vai de acordo com os produtos almejados, no caso da produção de etanol de 2ª geração (assim chamada e classificado no biorefinário de acordo com a ordem cronológica, depois do 1º geração), empresas como Raízen, antiga Cosan, que possuem no Brasil, duas plantas de produção de bioetanol 2G a partir do bagaço e polpa de cana-de-açúcar.

D328

vindo do processo (e é usado), do etanol de 1ª geração, utilizam na planta industrial, localizada em São Paulo, o pré-tratamento físicos (cominuição), térmico e químicos (H_2SO_4 diluído).

Dale destaca, que o pré-tratamento objetiva o "afrouxamento" dos componentes lignocelulósicos, diminuindo a cristalinidade do celulose, e tornando o material mais amigável para futuras quebras para geração de açúcares redutores que não fermentados em etanol.

Os tipos de pré-tratamentos são classificados em:

- 1) Físicos (ou mecânicos): (diminuição do tamanho de partícula, auxiliando na homogeneidade do amido) cominuição, ultrassom, biquetagem.
- 2) Químicos: reduções ácidos ou alcalinos, solventes orgânicos, como metanol ou etanol (processo Organosolv), ~~acetona~~
- 3) Físico-Químicos: explosão a vapor com ácido diluído, explosão a vapor com amônia, CO supercrítico.
- 4) Biológicos: fungos, bactérias, microrganismos em geral.

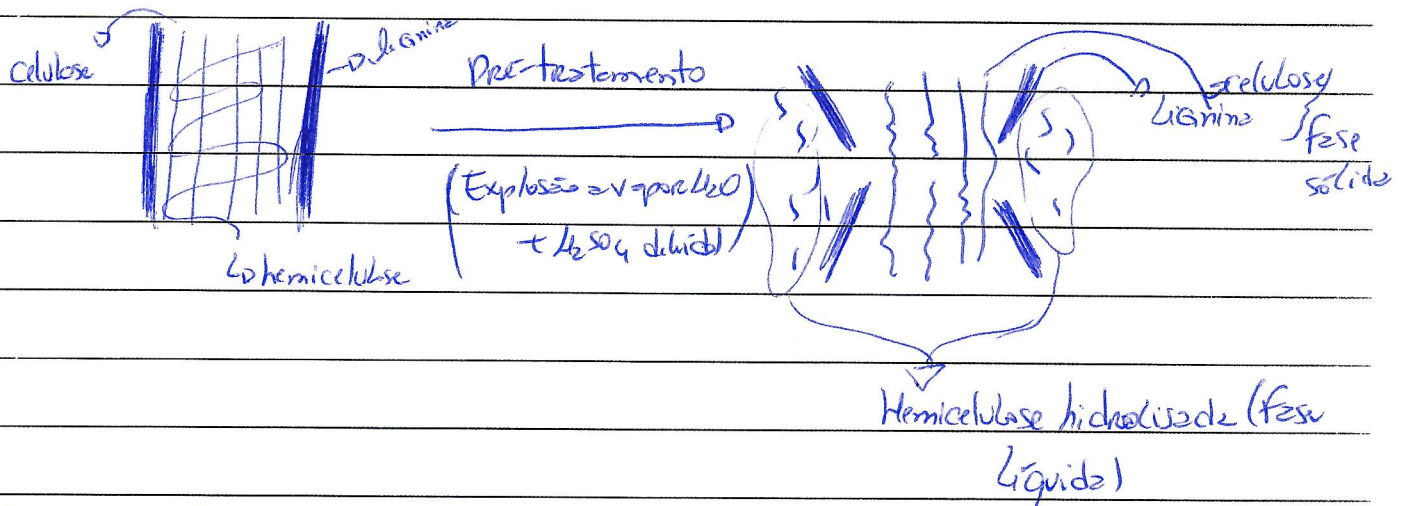
A escolha do melhor pré-tratamento, que normalmente são usados e avaliados mais que um, também vão de acordo com possível produção de substâncias inibidoras, como ácidos orgânicos (acético, fórmico), do hidrólise do hemicelulose, por exemplo causada por acidez em excesso, que podem, no caso de fermentação a etanol, causar problemas como subprodutos indesejados, destruição do levedura, baixo rendimento. O tempo e temperatura também devem ser considerados no pré-tratamento, por altas temperaturas e tempos longos, também podem gerar subprodutos indesejados, como a produção de fenólicos da lignina, que devem ser removidos via processos de purificação como mesotografia por extrusão de tomah ou extração com éter.

DZB MB



O pré-tratamento deve ser estudado para evitar a desperdição de tempo com purificações das soluções obtidas. A Figura 2 mostra simplificada, como ocorre o processo de pré-tratamento mais comumente usado, que é a explosão a vapor com ácido sulfúrico diluído, que hidrolisa quase por completo a hemicelulose em açúcares C₅ e C₆ (majoritariamente) solúveis, e diminui a viscosidade da celulose para as hidrolisadas em etapas seguintes.

Figura 2 - Exemplo de pré-tratamento via explosão a vapor com H₂SO₄ da matriz lignocelulósica



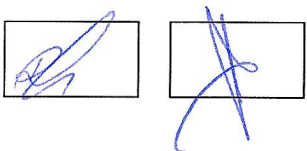
3) Processos de conversão

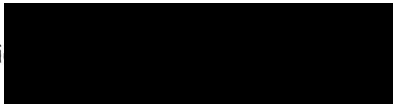
Após o pré-tratamento, com a celulose e lignina em fase sólida, é separado da solução de açúcares solúveis da hemicelulose, por filtração.

Segundo a nomenclatura de etanol, principal produto atualmente do material lignocelulósico, como a base de mono-di-açúcares, existem alguns tipos de fermentação a partir da hidrólise enzimática dos açúcares C₅ e C₆ da hemicelulose e ~~celulose~~ celulose, que são:

* SHF => do inglês "Saccharification, Hydrolysis and Fermentation" tudo separado, conforme mostra o esquema do figura 3.

* SSSF => do inglês "Simultaneous Saccharification and Fermentation", em que





a hidrólise de celulose via enzimas celulases (entre elas α -D-glucanase e β -glucosidase) ocorre no mesmo reator de fermentação com a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (Figura 4).

* SSCF \Rightarrow do inglês "Simultaneous Saccharification and Co-fermentation" em que além da hidrólise enzimática da celulose ocorre no mesmo reator da fermentação C₆ do glicose da celulose, a fermentação do C₅ da hemicelulose também ocorre no mesmo reator. (Figura 5).

* CBP \Rightarrow do inglês "Consolidated Bioprocess", é muito igual a SSCF, mas a produção de enzimas celulolíticas ocorre junto no mesmo reator. Essa parece a mais moderna.

Figura 3- Processo SSF.

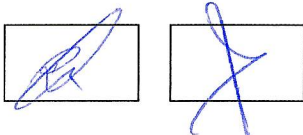
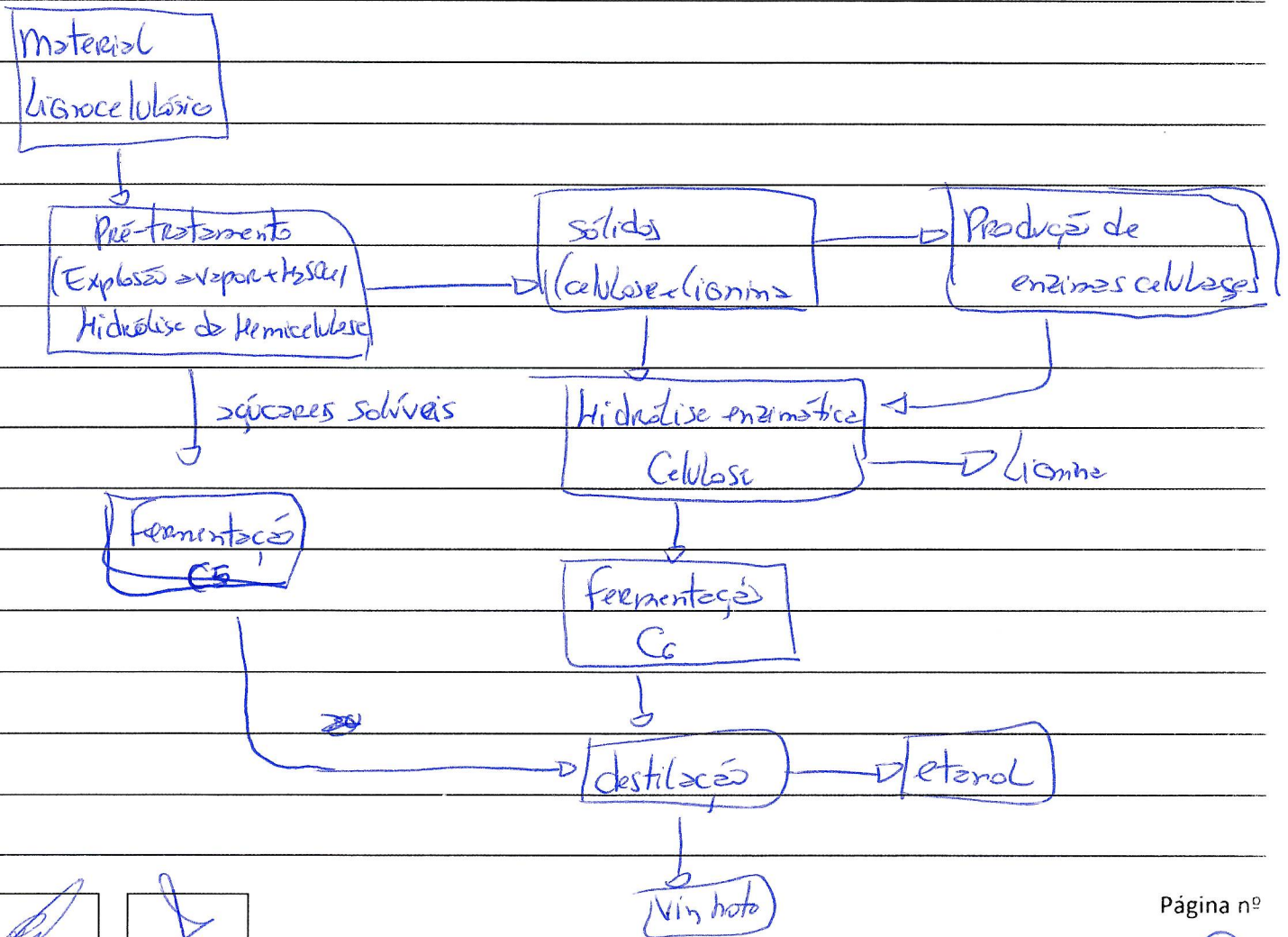


Figura 4 - Processo ~~SSCF~~ SSF.

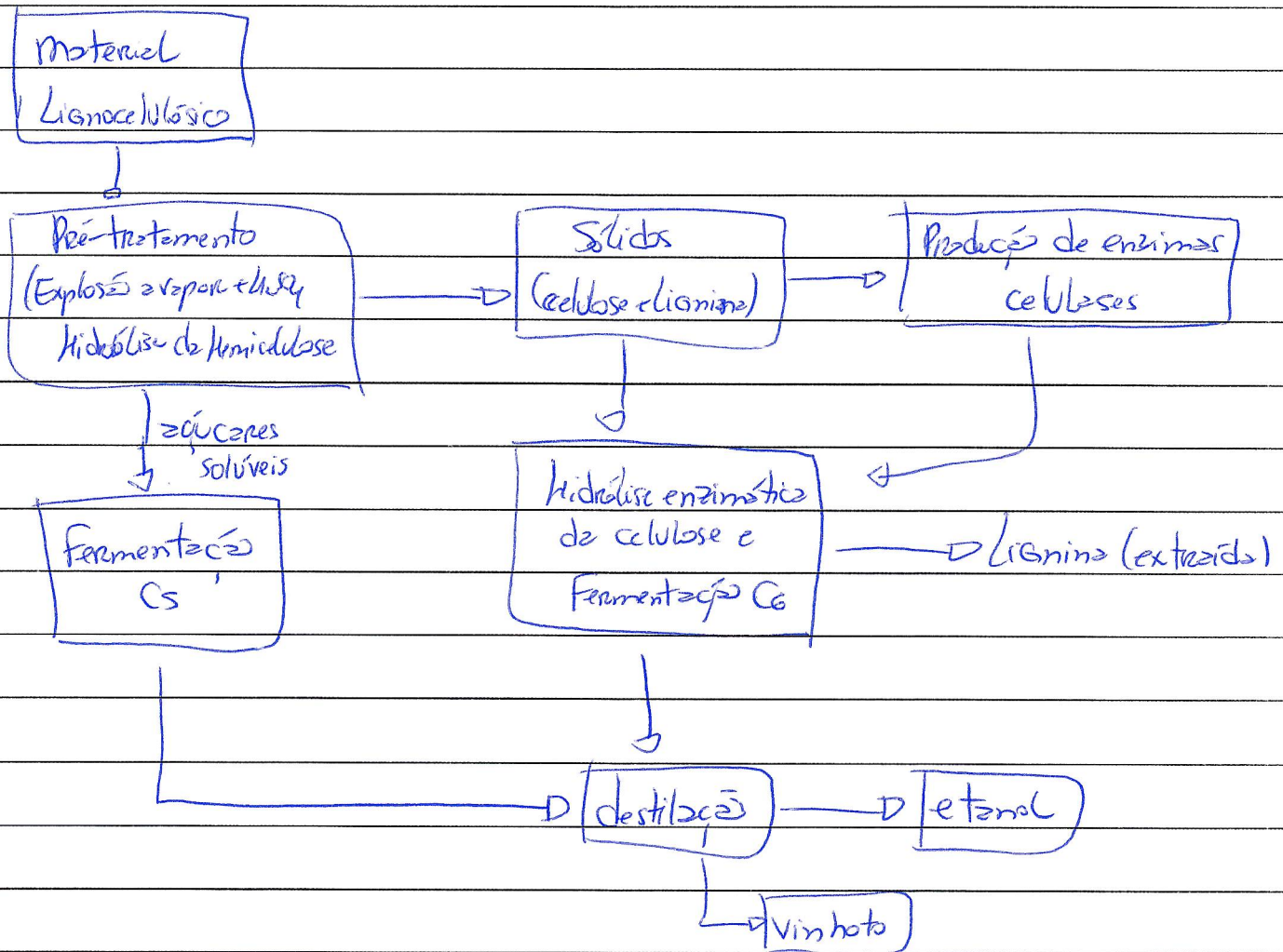
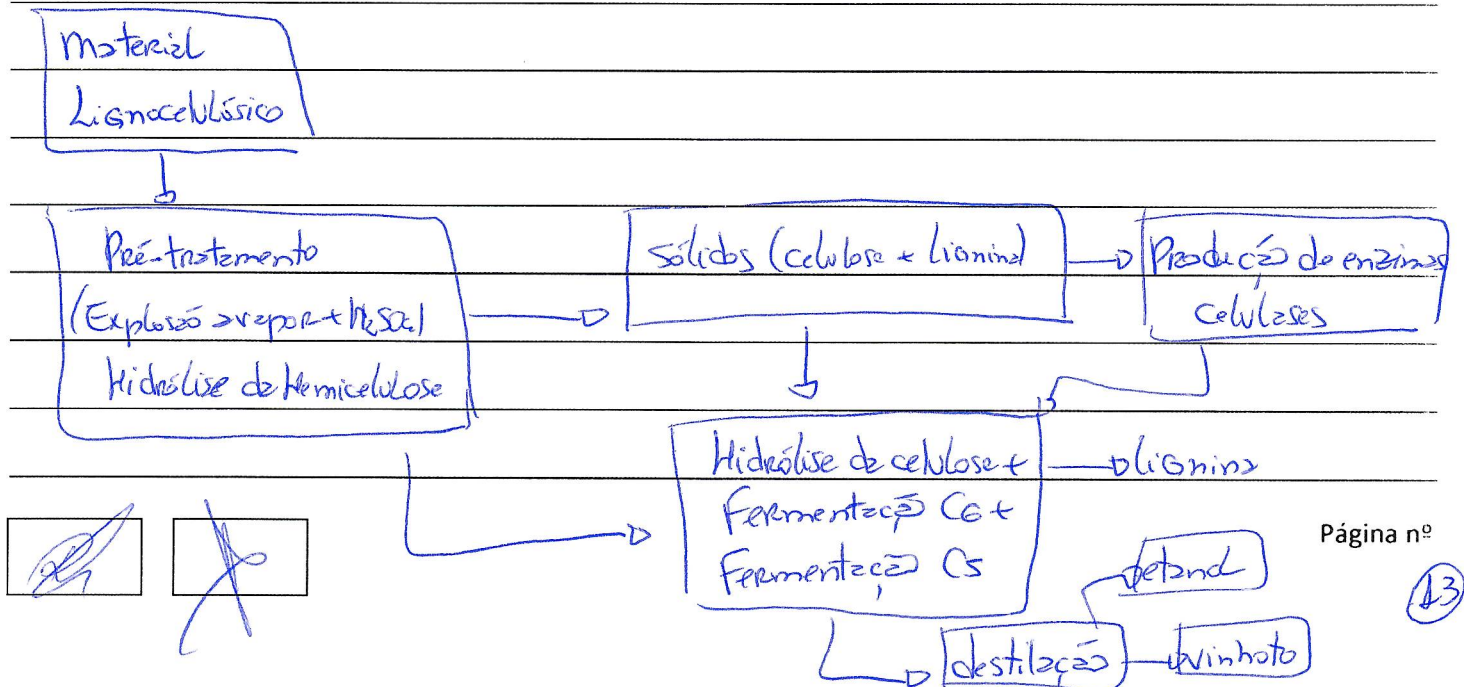



Figura 5 - Processo SSCF.





O etanol pode ser usado para misturar com gasolina, no caso do Brasil, ou como meio direto em automóveis flex ou à álcool, como combustível, além de gerar diversos produtos do ramo "Alcoolquímico" de alto interesse industrial, como o etileno glicol (MEG) para produção de PET; como etileno através da desidratação com alumina, como a empresa petroquímica faz, para produzir polietileno verde (PE), ou insumo para outros tipos de plásticos como PS (poliestireno) através do etilbenzeno () que gera o estireno.

Questão 1: item 91) Contextualização

O uso de biomassa como fonte de matéria-prima renovável tem sido cada vez mais estudado, sobretudo frente aos problemas causados de aquecimento de efeito estufa, causado por liberação de gases de efeito estufa, como o CO_2 , produzidos por inúmeras fontes de emissão, como o de transporte de queima de combustíveis a partir de fontes de matéria-prima fósil como o petróleo.

No Brasil, o uso de biocombustíveis a partir de três tipos de biomassa mais importantes, classificados como 1) Condições (cascas de banana, casca de mandioca e milho de boa amilóica); 2) Lípidos (das plantas e gordura animal) e 3) material lignocelulósico (celulose, hemicelulose e lignina), já ~~é~~ realidade como produtos como biodiesel, diálcool (R10) e bioetanol de primeiro e segundo geração.

Para melhorar os processos de produção, aumentando rendimento, evitando formação de subprodutos e melhorando a qualidade dos produtos, é necessário o uso de técnicas analíticas para identificar os compostos e a composição química, quantificar e caracterizar.

As técnicas analíticas instrumentais, segundo os autores do livro "Princípios de Análise Instrumental" de Skoog, Holler e Crouch, de 2008, 6ª edição, as principais técnicas vão de acordo com seus princípios, como mostra os principais técnicas no Tabela 1, que são detalhadas ao decorrer do texto.

Tabela 1 - Técnicas instrumentais de análise e seus principais princípios.

| Princípios | Técnicas Instrumentais |
|---------------------------|--|
| * Separação | Cromatografia Líquida ou Gasosa |
| * Razão massa/carga (m/z) | Espectrometria de massas (MS) |
| * Radiação - emissão | Espectroscopia de UV-Vis |
| * Radiação - absorção | Espectroscopia de IR, Raman UV-Vis, RMN |
| * Radiação - espalhamento | Espectroscopia Raman |
| * Análises térmicas | TGA, DTA e DSC |

② Principais técnicas usadas para caracterização de derivados de biomassa

2.1) Cromatografia

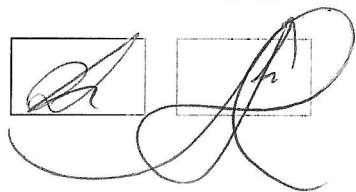
A técnica de cromatografia se baseia na método de separação de compostos contidos em misturas, que não são possível separar por destilação ou por análises por outras técnicas. A solução contendo a mistura é carregada por uma fase móvel, que pode ser gasosa (H_2 , He , N_2) ou líquida (solventes), passando por uma fase estacionária que depende da polaridade e dos produtos que deseja separar na coluna cromatográfica.

Os equipamentos mais sofisticados como os cromatógrafos automatizados, utilizam colunas de aço inoxidável recheadas (ex: sílica) que podem ser capilares, empacotadas ou porosas moleculares, que separa o composto de acordo com sua retenção e tempo (t_R) que varia de acordo com a polaridade, tamanho e peso molecular.

A cromatografia é uma ferramenta de identificação, que separa e necessita de um detector que pode ser de ionização de chama (FID), condutividade térmica (TCD) ou acoplamento com a espectrometria de massas (MS). Para análise de açúcares e derivados, pode-se utilizar o gás (CG), no entanto, os produtos devem ser volatilizados para serem com o gás de arraste, pois não alguns açúcares de biomassa (xaropes, amilóscos ou lipídulosos) devem ser derivatizados ou analisados em cromatografia líquida de alta resolução (CLAE) ou de modo HPLC. Biodiesel também pode ser analisado e quantificado por CG ou HPLC.

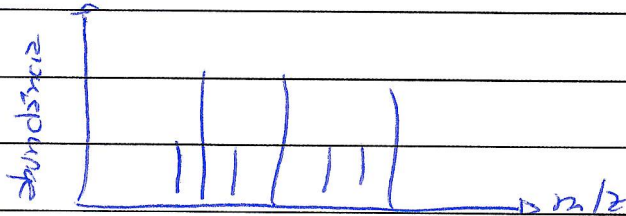
2.2) Espectrometria de massas (MS)

Técnica muito usada para análises, identifica e caracteriza compostos de extração de biomassa ou ~~se~~ ~~usado~~ ~~como~~ detector do cromatografia sendo acoplado. A técnica se baseia em um feixe de elétrons (75 eV) que ioniza a molécula, criando um elétron e ficando um radical ($+ \cdot$), como o nome do elétron é desprezível, o íon molecular ($m + \cdot$) é analisado de acordo



com a razão massa/carga (m/z) do detector, conforme abundância, como mostra a Figura 1.

Figure 1 - Espectro de massas.



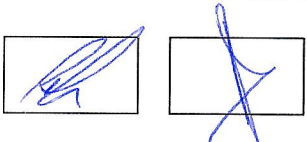
A fonte de íon, analisador e detector do espectrômetro de massas operam sob alto vácuo, para impedir que as íons choquem com outras moléculas. É uma técnica usada para identificar, por exemplo, novos compostos derivados de hormônio, quantificar relações entre inúmeros produtos de síntese, e é comparado com uma base de dados NIST (padrão) que é uma biblioteca de diversos compostos.

2.3) Espectroscopia na região do UV-Vis

A técnica de absorção de radiação na região do Ultravioleta-Visível (UV-Vis) no faixa entre 180-800nm é muito usada para quantificar aminoácidos, por exemplo, a glicose e a glicoproteína, com diferentes relações em contato com relação de íons que é mais intensa com uma de que com a outra.

O UV-Vis é possível quantificar relações com lei de Lambert-Beer, em que: $A = -\log T = \frac{P}{P_0} = \epsilon b c$, em que A é absorbância que é inversamente

relacionada com a Transmittância (T), P é a ^{radiação} emitida, P₀ é a radiação incidente e ϵ é a absorvidade molar específica de cada amostra e C é a concentração molar em mol/L.



2.4) Espectroscopia na região do Infravermelho (IV) e Raman

Essas técnicas são ópticas assim como o UV-Vis, e de absorção, mas no caso do IV é na faixa do infravermelho, que pode ser próxima, médio ou distante. A maioria das moléculas, sobretudo as parciais de clivagem de biomassa, como grupo funcional, como carbonílicos em ácidos graxos e ésteres metílicos de óleos vegetais e biodiesel, ou análise de hidrocarbonetos e estiramentos C-H de radicações aromáticas de lignina e fenólicos;

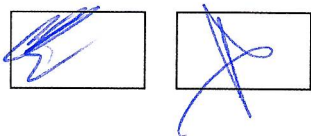
~~2.4) IV análise a absorção das moléculas irradiadas~~
são na região médio, entre 4000 e 400 cm^{-1} .

O IV baseia-se no modo vibracional das moléculas, como deformação axial ou angular, simétrica ou assimétrica. O Raman é complementar ao IV, também de absorção, mas espalha a energia ($E_0 = h \cdot \nu_0$) emitida, gerando um fóton do nível fundamental vibracional por o nível excitado virtual, gerando $E = h(\nu_0 - \nu)$ que pode ser de Stokes ($E_0 - E$) ou Anti-Stokes ($E_0 + E$). O Raman analisa mais a cadeia toda, o comprimento, como cadeias de ácidos graxos longos (C₁₈, C₁₆, C₁₄), enquanto o IV analisa mais as cadeias laterais. A transformação de Fourier é um método matemático muito usado para tornar as bandas de absorção menos complexas.

2.5) Análises térmicas

São muito usadas para analisar a degradação de radicações poliméricas, como celulose, hemicelulose e lignina, e amido, feitas a altas temperaturas.

A TGA (análise termogravimétrica) é muito usada para analisar a degradação de compostos orgânicos sob faixa de temperatura $> 100^\circ\text{C}$, cujo amostra é colocada em cadinho de platina e sob fluxo de gás inerte (N_2) analisa e quantifica a perda de massa (TGA) de compostos orgânicos.



O DSC (Calorimetria Diferencial Exploratória) e DTA (Análise Térmica Diferencial) são técnicas muito usadas para analisar ponto de fusão (T_m) de polímeros, além de transições vítreas (T_g) e temperatura de cristalização (T_c). O DTA utiliza uma amostra de referência inerte (carbeto de silício ou alumina), assim como o DSC, mas o DTA analisa a diferença de temperaturas ($\Delta T = T_c - T_v$) referente ao aumento e ~~diminuição~~ diminuição de temperatura, enquanto o DSC analisa a diferença de energia.

O DTA analisa liberação de calor (exotérmico) ou absorção de calor (endotérmico) e dispõe em formas de gráficos, que é possível ver a diferença entre as bandas que são de sentido oposto T_{exo}
 T_{endo}

As técnicas muito usadas para verificar a estabilidade do celulose, como estão as cadeias poliméricas do material lignocelulósico, que podem ser usadas em reações de conversão termoquímica, como pirólise para gerar bio-óleo e gás ($CO + H_2 + CO_2$).

3) Conclusões

A escolha da melhor técnica de caracterização varia e é escolhida de acordo com o hámonio a ser trabalhado e o tipo de produtos a serem analisados. No caso de biocombustíveis, normas do ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) regulamentam o que pode conter de impurezas e outros itens, que são analisados de acordo com padrões do ASTM.

