



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**Junilha Lopes Trigueiro**

**PRODUÇÃO DE POLPA SOLÚVEL A PARTIR DE POLPA BRANQUEADA DE  
EUCALIPTO (*Eucalyptus* sp.) PELO ESTÁGIO DE EXTRAÇÃO CÁUSTICA A FRIO  
(CCE)**

Prof. Dr. José Fernando Borges Gomes  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
AGOSTO – 2021



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**Junilha Lopes Trigueiro**

**PRODUÇÃO DE POLPA SOLÚVEL A PARTIR DE POLPA BRANQUEADA DE  
EUCALIPTO (*Eucalyptus* sp.) PELO ESTÁGIO DE EXTRAÇÃO CÁUSTICA A FRIO  
(CCE)**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. José Fernando Borges Gomes  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
AGOSTO – 2021

**PRODUÇÃO DE POLPA SOLÚVEL A PARTIR DE POLPA BRANQUEADA DE  
EUCALIPTO (*Eucalyptus* sp.) PELO ESTÁGIO DE EXTRAÇÃO CÁUSTICA A FRIO  
(CCE)**

**Junilha Lopes Trigueiro**

APROVADA EM: 25/08/2021

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Fernando José Borges Gomes – UFRRJ  
Orientador

---

Prof. Dr. Edvá Oliveira Brito - UFRRJ  
Membro

---

Roberto Carlos Costa Lelis - UFRRJ  
Membro

## RESUMO

A polpa solúvel, polpa para dissolução ou ainda *dissolving pulp* é um tipo de polpa celulósica de alto valor agregado, devido a sua alta pureza química, alta alvura, reduzido nível de contaminantes inorgânicos e uniformização do peso molecular, sendo o eucalipto uma das espécies mais usadas no Brasil para produção deste tipo de polpa. A polpa solúvel é usada como matéria prima para a produção de derivados da celulose usados em diversos segmentos industriais como alimentícios, farmacêuticos, cosméticos, têxteis, entre outras. Para a produção da polpa solúvel, é necessário a extração das hemiceluloses, para níveis abaixo de 8% e dependendo da aplicação da polpa solúvel até mesmo para níveis abaixo de 2%. Em geral a polpa solúvel, quando produzida a partir da madeira utiliza os processos de pré-hidrolise kraft ou polpação sulfito. Contudo, há outras técnicas já documentadas na literatura que removem as hemiceluloses da polpa e são úteis a produção de polpa solúvel como a extração alcalina a frio (CCE). A tecnologia CCE promove a remoção de hemiceluloses por dissolução em solução alcalina através do inchamento dos polissacarídeos, o que torna as hemiceluloses mais acessíveis, acontecendo a dissolução. Nesse contexto, este estudo visou avaliar o uso da tecnologia CCE para a conversão de uma polpa celulósica de eucalipto em polpa solúvel. Utilizou-se polpa celulósica Kraft branqueada de eucalipto fornecida por uma empresa do setor de Celulose e Papel e buscou-se avaliar o impacto da variação da concentração do hidróxido de sódio a uma temperatura de 25°C na extração de xilanas. Como resultados desse estudo, foi possível obter polpa com teor de xilanas de 6,63% e teor de alfa celulose de 93,37%, o que já classifica a polpa como polpa solúvel.

**Palavras-chave:** Hemiceluloses; hidróxido de sódio; xilanas; celulose.

## ABSTRACT

Soluble pulp, dissolution pulp or dissolving pulp is a type of cellulosic pulp with high added value, due to its high chemical purity, high whiteness, low level of inorganic contaminants and uniformity of molecular weight, with eucalyptus being one of the most common species. used in Brazil for the production of this type of pulp. Soluble pulp is used as a raw material for the production of cellulose derivatives used in various industrial segments such as food, pharmaceuticals, cosmetics, textiles, among others. For the production of soluble pulp, it is necessary to extract the hemicelluloses at levels below 8% and depending on the application of the soluble pulp, even at levels below 2%. In general, the soluble pulp, when produced from wood, uses the kraft pre-hydrolysis or sulphite pulping processes. However, there are other techniques already documented in the literature that remove hemicelluloses from the pulp and are useful in the production of soluble pulp such as cold alkaline extraction (CCE). The CCE technology promotes the removal of hemicelluloses by dissolution in alkaline solution through the swelling of the polysaccharides, which makes the hemicelluloses more accessible, resulting in dissolution. In this context, this study aimed to evaluate the use of CCE technology for the conversion of eucalyptus cellulosic pulp into soluble pulp. Bleached eucalyptus kraft pulp was used, supplied by a company in the Pulp and Paper sector, and it was sought to evaluate the impact of varying the concentration of sodium hydroxide at a temperature of 25°C on the extraction of xylans. As a result of this study, it was possible to obtain a pulp with a xylan content of 6.63% and an alpha cellulose content of 93.37%, which already classifies the pulp as a soluble pulp.

**Keywords:** Hemicelluloses; sodium hydroxide; xylans; cellulose.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	7
2.1. Fontes de matéria prima e obtenção de polpa solúvel .....	7
2.2. Aplicações da polpa solúvel e características gerais da polpa solúvel .....	7
2.2.1. Viscose.....	7
2.2.2. Acetatos .....	7
2.2.3. Éteres e celulose microcristalina (CMC) .....	8
2.2.4. Nitrocelulose .....	8
2.3. Métodos de extração de hemiceluloses comerciais e não-comerciais .....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	9
3.1. Caracterização da polpa .....	9
3.2. Técnicas de CCE .....	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
4.1. Caracterização da polpa .....	10
4.2. Efeito da dosagem de álcali na remoção de hemiceluloses .....	10
4.3. Rendimento de processo .....	11
4.4. Aplicações para a polpa produzida.....	12
5. CONCLUSÕES.....	12
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	12

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira é composta quimicamente por celulose, cerca de 40%, hemiceluloses, em torno de 30%, lignina, aproximadamente 25% e extrativos, 5%. A polpa solúvel é um tipo de material composto com alto teor de celulose, cerca de 92 a 97%, se comparado ao teor de celulose encontrado em polpas kraft convencionais, que é em torno de 85 a 90%. Por possuir alta pureza, baixo nível de contaminantes inorgânicos e adequadas alvura e viscosidade, a polpa solúvel possui propriedades técnicas que a permitem ser aplicadas em diversos produtos, dentre eles: esmaltes, papel celofane, cápsulas de remédios, lentes de contato, pasta de dentes, ketchup, iogurtes, biscoitos, cremes cosméticos, telas LCD, dentre outros (FOELKEL, 2015).

Nos processos de polpação solúvel, as hemiceluloses precisam ser removidas pois podem entupir as fiadeiras através de sua precipitação. As fiadeiras convertem a celulose a pequenos fios parecidos com os fios de algodão. Essas hemiceluloses podem ser segregadas e utilizadas na fabricação de outros produtos, como a goma de mascar. Com a queda na produção de algodão, a polpa solúvel tem ganhado destaque no mercado e, conseqüentemente, aumentando seu valor agregado (FOELKEL, 2015).

Nos últimos anos, tem crescido o interesse das fábricas de polpa celulósica para fabricação de papel, em converter seus processos para produção de polpa solúvel, devido a alta demanda de mercado para fabricação de tecidos em substituição as algodão. Dessa forma, tem se buscado alternativas para produção de polpa solúvel para atender aos interesses industriais (RESENDE et al., 2019)

A principal diferença da polpa solúvel para a polpa kraft é o teor de hemiceluloses. A polpa kraft possui alto teor de hemiceluloses enquanto que a polpa solúvel possui baixo. Seria desejável produzir polpa solúvel através da transformação da polpa kraft convencional pelo fato da produção de polpa solúvel a partir dos cavacos de madeira ser muito custosa. Por isso, o principal objetivo da produção de polpa celulósica solúvel é remover as hemiceluloses da polpa kraft para fabricação de papel (RESENDE et al., 2019).

São utilizados basicamente dois processos para obtenção da polpa solúvel: sulfito e pré-hidrólise kraft. O processo pré-hidrólise produz polpas solúveis com teor de alfa celulose de 93-96% enquanto que o processo sulfito, de 90-92% (ÁVILA, 2016). Em etapas de purificação adicional, os teores de alfa celulose podem subir para 96% para polpa sulfito, com extração alcalina a quente e, para polpas obtidas através da pré-hidrólise kraft, 98%, através da extração alcalina a frio (CCE) (FOELKEL, 2015).

As xilanas são as únicas hemiceluloses que ficam presentes na polpa celulósica de eucalipto após a pré-hidrólise kraft, contendo pequena quantidade de ácidos urônicos. Elas devem ser removidas pois as xilanas são açúcares de baixo peso molecular e, quando presentes na polpa, podem precipitar durante os processos de conversão, entupindo as fiadeiras que produzem fios a partir da solução de viscosa. Essa remoção pode ser feita através da dissolução em solução alcalina, como o hidróxido de sódio (BARBOSA, 2016). Por isso é necessário que estudos com diferentes concentrações de hidróxido de sódio sejam realizados a fim de se obter o melhor rendimento.

Assim, esse estudo visa avaliar a aplicação do estágio CCE (extração alcalina a frio) visando a conversão de polpa convencional kraft em polpa solúvel, da mesma forma, avaliar o efeito da concentração alcalina na performance do estágio CCE: obter elevados teores de remoção de hemiceluloses e obter elevados teores de alfa celulose.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Fontes de matéria prima e obtenção de polpa solúvel**

O Brasil é reconhecido mundialmente por suas longas e vastas áreas de florestas nativas, bem como sua grande diversidade de espécies. No entanto, para as indústrias de celulose e outros produtos provindos da madeira, uma porção de espécies exóticas tem ganhado destaque. Isso se deve a adaptação dessas espécies às condições edafoclimáticas do país (MELO JUNIOR, 2010).

Dentre as espécies exóticas mais plantadas e com melhor produtividade no Brasil, o gênero *Eucalyptus* é o grande destaque. Com inúmeros investimentos em melhoramento e tecnologias, esse gênero se tornou protagonista na área de produção e processamento de celulose e derivados a base de materiais lignocelulósicos (MELO JUNIOR, 2010).

Outra importante matéria prima para obtenção de polpa solúvel é o algodão. No entanto, observa-se um declínio na produção de polpa solúvel a partir de línter de algodão devido a grande suscetibilidade da cultura a pragas. Ademais, assim como no caso da celulose para papel, a celulose solúvel pode ser obtida a partir de madeira, tanto folhosa quanto conífera, assim como outros vegetais (nonwood) (VIDAL, 2013).

### **2.2. Aplicações da polpa solúvel e características gerais da polpa solúvel**

As fibras utilizadas na indústria têxtil podem ser naturais ou químicas. As fibras naturais podem ser de origem vegetal (algodão) ou animal (lã e a seda). Já as fibras químicas são produzidas industrialmente e são subdivididas em artificiais (como a celulose) ou sintéticas (poliéster, poliamida, elastano ou polipropileno) (FOLKEL 2015; VIDAL, 2013; ROMERO et al. 1995).

De forma geral, a polpa solúvel serve de insumo para produzir quadro grande grupos de produtos: viscose, acetatos, éteres e celulose microcristalina, nitrocelulose e demais (FOLKEL 2015; VIDAL, 2013).

#### **2.2.1. Viscose**

Os principais produtos desta categoria são o *rayon* cortado e seus filamentos, *lyocell*, celofanes e embalagens para alimentos. O *rayon* é uma fibra a base de celulose solúvel regenerada, que possui alto brilho e baixa tolerância a umidade e o *lyocell* é uma fibra textil produzida a partir de um processo de dissolução da celulose, possui propriedades como suavidade, fácil caimento e brilho (VIDAL, 2013; ROMERO et al. 1995).

Celofanes são materiais utilizados em diferentes aplicações, mas não se enquadram na categoria de fibras celulósicas, podem em encontrados em formas maleáveis e rígidas, permitindo sua utilização em *slides*, filmes para máquinas fotográficas, dentre outros (VIDAL, 2013).

#### **2.2.2. Acetatos**

Sua principal aplicação está na confecção de filtros para cigarros. Outras aplicações estão na produção de filamentos de acetatos, utilizados para forros de ternos e roupas masculinas e filmes de acetato, utilizados como filme polarizador de telas de cristal líquido



(LCD). Os acetatos são produzidos a partir da reação química da celulose de alto teor de pureza com o ácido acético, na presença de ácido sulfúrico (FOLKEL, 2015; VIDAL, 2013).

### **2.2.3. Éteres e celulose microcristalina (CMC)**

A demanda por celulose solúvel neste grupo apresenta um amplo aspecto de utilização. O éter a base de celulose pode ser classificado de duas formas: iônicos (Carboximetil celulose) e não iônicos (Metil celulose, etil celulose e hidroxietil celulose). Esses éteres tem aplicações diversas nas indústrias farmacêuticas, têxtil, alimentícia, construção, dentre outras. Já a CMC tem aplicações nas indústrias farmacêuticas e alimentícias como estabilizante, substituto de gorduras, liga e material para revestimentos de remédios, dentre outros (VIDAL, 2013).

### **2.2.4. Nitrocelulose**

É utilizada como solventes em tintas e vernizes. Sua utilização em explosivos tem apresentado pouca demanda em razão da concorrência com explosivos mais seguros (VIDAL, 2013).

## **2.3. Métodos de extração de hemiceluloses comerciais e não-comerciais**

### **2.3.1. Processo alcalino**

Grande parte das hemiceluloses podem ser extraídas por processos alcalino, sendo o hidróxido de sódio e o potássio os mais utilizados. “A ação alcalina nos pré-tratamentos de materiais lignocelulósicos visando a extração da fração de hemicelulose é atribuída a saponificação da ligação éster que une a hemicelulose à lignina” (MAFEI, 2017). Além disso, o tratamento com solução de hidróxido de sódio ocasiona um inchamento interno da estrutura da celulose, o que aumenta sua área superficial, fazendo com que a interação entre a lignina e a celulose seja comprometida, resultando também no rompimento da estrutura da lignina, que é solúvel nessas condições (FENGEL; WEGENER, 1989).

### **2.3.2. Processo alcalino oxidativo**

O peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) é o um excelente oxidante em meio alcalino pois possui baixa toxicidade, é de fácil manuseio e os produtos de sua composição, água e oxigênio, não são poluentes. O pré tratamento com  $H_2O_2$  é um processo eficiente na remoção da lignina e hemicelulose de materiais lignocelulósicos, além remover, também, sílica e graxas. Além disso, o  $H_2O_2$  é muito utilizado nos processos de branqueamento de polpa de celulose devido a sua capacidade de reagir com as estruturas aromáticas e alifáticas da lignina (MAFEI, 2017).

### **2.3.3. Enzimas que hidrolisam a xilana**

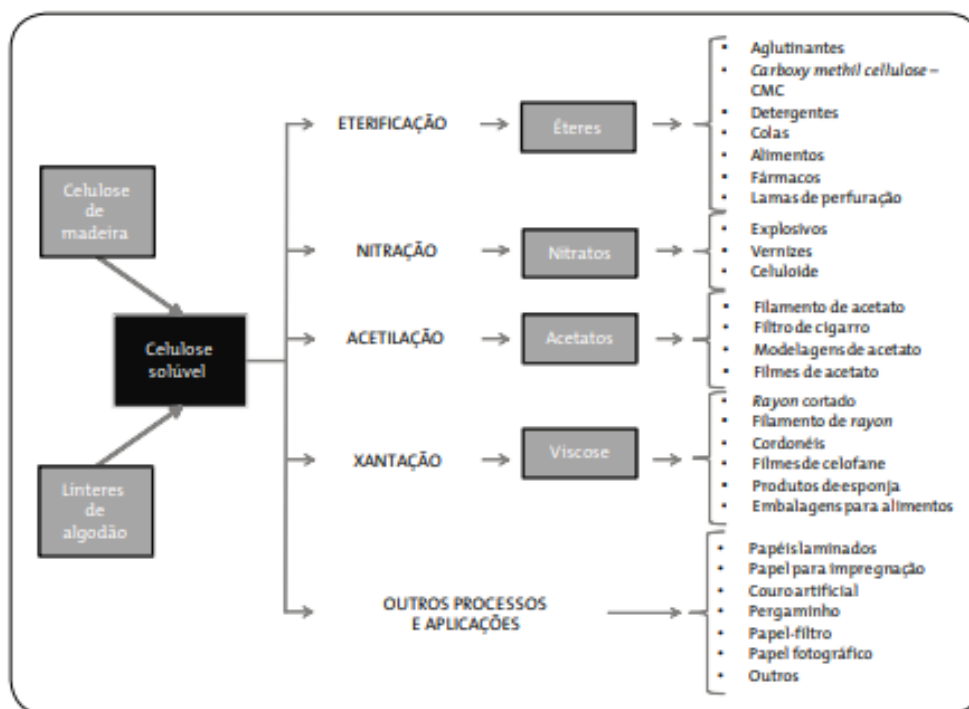
As xilanases são enzimas que atuam na hidrólise da xilana. A produção dessas enzimas pode ser realizada por fungos, bactérias e actomicetos (MAFEI, 2017). No entanto, as xilanases de origem fúngica são as mais utilizadas no meio industrial sendo os fungos filamentosos do gênero *Trichoderma* e *Aspergillus* os principais pois apresentam alto rendimento quando comparado com xilanases de leveduras e bactérias (MICHELIN et al., 2010).

As xilanases hidrolisam a ligação glicolítica do tipo  $\beta$ -1,4, sendo a endo- $\beta$ -1,4-xilanase a principal enzima atuante na despolimerização da xilana. Essas enzimas clivam a cadeia principal da xilana em oligopolissacarídeos menores e as  $\beta$ -xilosidades clivam as pontas não

reduzidas da xilobiose e dos xilooligossacarídeos de cadeias curtas em monômeros de xilose (MAFEI, 2017).

## 2.4. Classificação de pureza da polpa solúvel versus aplicação

A polpa solúvel é convertida em diversos produtos que serão utilizados nos segmentos têxteis, alimentícios, farmacêuticos, eletrônicos, dentre outros. Existem diversos processos que podem ser aplicados a celulose solúvel, a depender do produto final que se deseja obter. Da mesma forma, o percentual de alfacelulose também determina o tipo de produto final a ser desenvolvido. Por exemplo, derivados como celofane e *rayon* requerem um teor de alfa celulose de 90-92%, acetatos de celulose de 95-97% e nitrocelulose 98% (VIDAL, 2013).



**Figura 1.** Derivados de celulose solúvel

Fonte: Vidal (2013) apud Poyry (2010) (Adaptado).

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1. Caracterização da polpa

Para este estudo, foi utilizada uma polpa pré-hidrólise kraft industrial de eucalipto branqueada, obtida junto a uma empresa nacional de Celulose e Papel. A polpa foi homogeneizada e ambientada em sala climatizada por 24h. Em seguida analisou-se o teor absolutamente seco (a.s.), que foi de 29,40%, da amostra e armazenou-se em sacos de polietileno com 20g a.s. cada.

### 3.2. Técnicas de CCE

Para o estágio de extração alcalina à frio (CCE), foi preparado uma de solução de hidróxido de sódio puro (NaOH) a 105 g/L. A partir da solução de NaOH puro foram feitas diluições para 75 e 90 g/L para avaliar a influência da carga alcalina no estágio CCE.

As condições do estágio CCE foram: consistência de 8%, temperatura de 25°C, tempo de reação de 15 minutos e sulfidez de 20%, todos constantes, e concentração variáveis. As concentrações do NaOH variaram em 75, 90 e 105 g/L. Foi utilizado como referência a polpa kraft industrial sem nenhum tratamento.

A polpa, a água e o solvente foram colocados na mesma temperatura do banho, misturados dentro do saco de polietileno e levados a banho de vapor por 15 minutos a temperatura de 25°C. Foi analisado o teor de xilanas para cada concentração de NaOH seguindo análise de pentosanas descrita na TAPPI T223 cm-84.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização da polpa

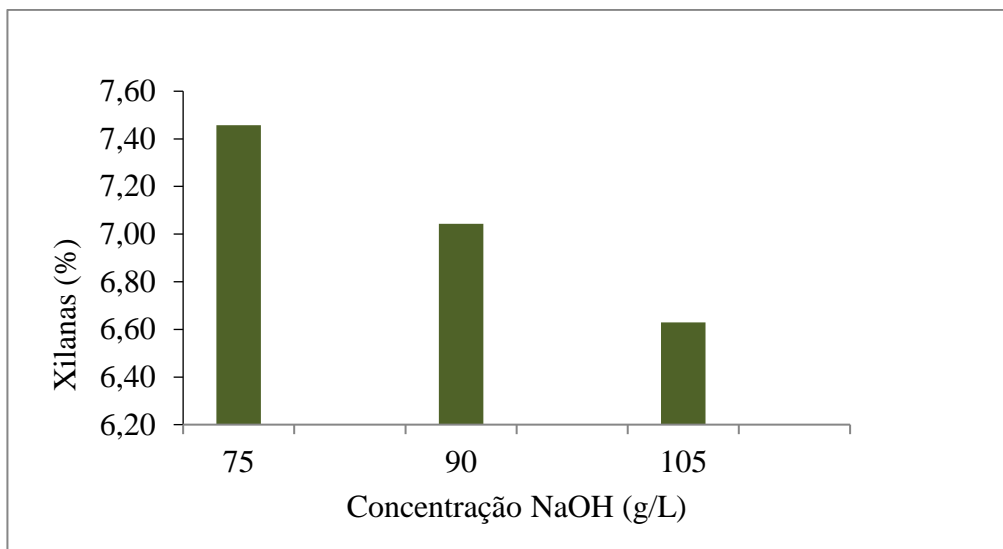
A polpa branqueada antes do estágio CCE e após uniformização e homogeneização, apresentou teor de xilanas de 11,8%, sendo esta a condição de referência, como mostra a tabela abaixo.

**Tabela 1.** Teor de Xilanas e rendimento por xilanas a temperatura constante para diferentes concentrações de NaOH, tal como o valor da referência.

Temperatura, °C	Conc. NaOH, g/L	Rend. Celulose por Xilana, %	Xilanas, %
25	75	92,54	7,46
25	90	92,96	7,04
25	105	93,37	6,63
Referência		88,2	11,8

### 4.2. Efeito da dosagem de álcali na remoção de hemiceluloses

A extração alcalina a frio constitui um processo predominantemente físico pelo qual as hemiceluloses são removidas através da dissolução em solução alcalina e é realizada a temperaturas abaixo de 40°C e a concentração de hidróxido de sódio abaixo de 18% (SIXTA, 2006). A alta concentração de álcali promove um inchamento da estrutura da celulose através da entrada de moléculas de água, fazendo com que as ligações de hidrogênio intramoleculares sejam rompidas, promovendo a dissolução das hemiceluloses e, então, sua remoção (ÁVILA, 2016).

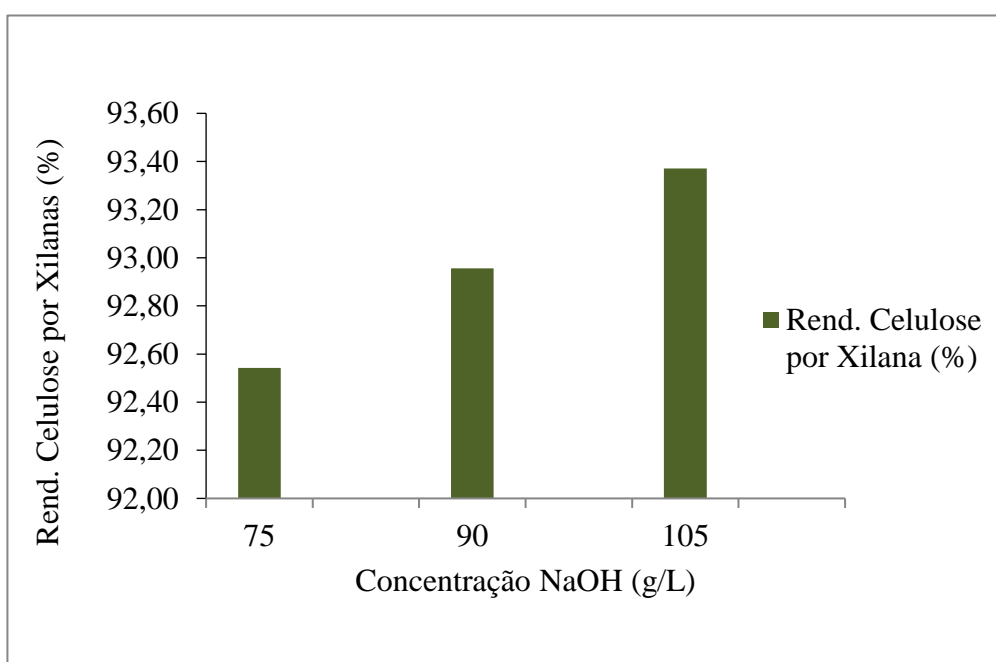


**Figura 2.** Teor de xilanas (%) para as diferentes concentrações de NaOH utilizadas no estágio CCE.

Como mostra a figura 2, o aumento da concentração de álcali promoveu uma maior remoção de xilana. O fenômeno de solubilização de hemicelulose foi atribuído ao inchamento da celulose pela solução alcalina, portanto, quanto maior a concentração de hidróxido de sódio, maior a extensão do inchamento das fibras, e, conseqüentemente, maior a extração de hemicelulose.

#### 4.3. Rendimento de processo

No que tange ao rendimento do processo, como pode ser observado na figura 3, que numa concentração de hidróxido de sódio de 105 g/L obteve-se um rendimento de 93,37%, que comparado a referência (88,20%), obteve-se um ganho de 5,17%. Esse ganho pode ser ainda maior quando se aumenta a temperatura do processo. Para isso, é necessário que novos estudos com diferentes temperaturas sejam realizados.



**Figura 2.** Rendimento do processo para diferentes concentrações de NaOH utilizadas no estágio CCE.

Durante a polpação kraft, a remoção das hemiceluloses e da lignina favorece a difusão de reagentes para o interior da parede das fibras e, conseqüentemente, o acesso destes a lamela média provoca alterações estruturais que vão afetar a resistência intrínseca e conformabilidade das fibras. Além disso, as reações dos polissacarídeos localizados, em sua maior parte, na parede secundária das células, têm um efeito acentuado no rendimento e nas características da polpa, como viscosidade e nas propriedades físico-mecânicas, assim como no consumo de reagentes alcalinos polpa (BASSA, 2002).

#### **4.4. Aplicações para a polpa produzida**

O teor de hemiceluloses da polpa para dissolução deve ser baixo, porém ele depende do produto que se vai fabricar com a polpa solúvel. Para polpa grau viscosa, um teor de hemiceluloses da ordem de 4-6% é aceitável. Porém, para polpas grau acetato, teores de hemiceluloses acima de 2% já são considerados indesejáveis. As hemiceluloses são negativas para a fabricação de polpa solúvel, pois elas prejudicam a reatividade da celulose durante os processos de derivatização. Elas tendem a bloquear as cadeias de celulose, e assim, dificultarem a penetração dos reagentes durante as reações de derivatização e também aumentam o consumo dos reagentes de derivatização, uma vez que elas também os consomem (RESENDE, 2014).

O teor de  $\alpha$ -celulose é considerado muito importante na produção de polpa solúvel e se refere à celulose não degradada. Quanto maior for o teor de  $\alpha$ -celulose na polpa, melhor será o produto derivatizado, em termos de rendimento e qualidade, ao final do processo. Observa-se na tabela 1 que para a temperatura de 25°C, se alcançou o valor de 93,37%, que é um valor aceitável para polpa solúvel para produção de rayon/celofane.

### **5. CONCLUSÕES**

De modo geral, o aumento da concentração de álcali no estágio CCE proporcionou um aumento da extração de xilanas da polpa celulósica kraft branqueada, o que reafirmou a afinidade da hemicelulose com meios alcalinos. No entanto, sugere-se que novos estudos envolvendo outras temperaturas sejam realizadas para que se avalie com mais acuidade a performance do estágio CCE.

### **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ÁVILA, P. S. **Estudo dos Processos de Extração Alcalina e Hidrólise Enzimática para Produção de Polpa Solúvel Grau Acetato**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, 2016.

BARBOSA, B. M.; COLODETTE, J. L.; MUGUET, M. C. S.; GOMES, V. J.; OLIVEIRA, R. C. Effects of Xilan in Eucalyptus Pulp Production. **Cerne**, Lavras, v. 22. p. 207-214, 2016.

BASSA, A. **Processos de polpação kraft convencional e modificado com madeiras de E. grandis e híbrido (E. grandis x E. urophylla)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de madeiras) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2002.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions**, Berlin: Walter de Gruyter, 1989. p. 67-68; 106-108; 133-134; 139-141.

FOELKEL, C. Celulose solúvel: utilização, competitividade & tendências de mercado. **Eucalyptus Newsletter**, n. 47, jan. 2015.

MAFEI, T. D. T. **Avaliação da extração de hemicelulose e da produção de xilooligossacarídeos a partir de um subproduto de Eucalyptus oriundo de uma empresa de celulose**. 2017. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Estadual Paulista, campus de Araraguara, 2017.

MELLO JUNIOR, J. A. de. **Polpação Kraft e Kraft/AQ da madeira de híbrido de Eucalyptus urograndis destinada à produção de polpa para dissolução**. 2010. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2010.

MICHELIN, M. et al. Production and properties of xylanases from *Aspergillus terricola* Marchal and *Aspergillus ochraceus* and their use in cellulose pulp bleaching. **Bioprocess and biosystems engineering**, v. 33, n. 7, p. 813-821, 2010.

POYRY. **Dissolving Pulp** – The Great Come-back. 2010. 4 p.

RESENDE, J. O. **Utilização do estágio de extração alcalina a frio (CCE) para conversão de polpa papel em solúvel, com reaproveitamento do filtrado CCE**. 2014. 64f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2014.

RESENDE, J. O.; COLODETTE, J. L.; ANDRADE, M. F. Estudo de localização da extração alcalina a frio (CCE) numa sequência de branqueamento de polpa solúvel de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, n. 122, p. 326-335, 2019.

ROMERO, L. L.; VIEIRA, J. O. W. M.; MEDEIROS, L. A. R.; MARTINS, R. F. Fibras Artificiais e Sintéticas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 1, p. 53-66, 1995.

TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 2001.

VIDAL, A. C. F. O renascimento de um mercado: o setor de celulose solúvel. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 38, p. 79-129, set. 2013.