

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL
SUCROENERGÉTICA – MTA

CAMILA FRANCISCONI LIMA

UTILIZAÇÃO DE POLÍMEROS NO SETOR SUCROENERGÉTICO

Sertãozinho – SP

2017

CAMILA FRANCISCONI LIMA

UTILIZAÇÃO DE POLÍMEROS NO SETOR SUCROENERGÉTICO

Monografia apresentada ao Programa de Pós Graduação em Gestão de Tecnologia Industrial Sucrenergética – MTA como requisito para conclusão do curso de pós graduação.

Orientador: Prof. Dr. Octávio Antonio Valsechi

Sertãozinho – SP

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir estar aqui e ter me acompanhado durante toda esta jornada.

Agradeço aos meus pais, Henrique e Telma, pelo constante apoio para o meu crescimento profissional. À José Rodolfo, por me incentivar e entender a minha ausência aos sábados durante estes dois anos.

À Skills Química pelo patrocínio e fornecimento de informações cruciais para o desenvolvimento deste trabalho. Aos meus colegas de trabalho pelo incentivo.

Ao professor Octávio Antonio Valsechi pela orientação nesta monografia. À todos os professores da pós graduação pelos ensinamentos.

Aos colegas da turma, em especial, Bárbara, Cássia e Vivianne, por tornarem mais agradável esse tempo dedicado.

SUMÁRIO

RESUMO	IV
LISTA DE FIGURAS	V
1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	7
3 REVISÃO DA LITERATURA	8
3.1 DEFINIÇÕES	8
3.2 COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO	10
3.2.1 COAGULAÇÃO	10
3.2.2 FLOCULAÇÃO	11
3.3 TIPOS DE POLÍMEROS FLOCULANTES	13
3.3.1 POLIACRILAMIDAS ANIÔNICAS	14
3.3.2 POLIACRILAMIDAS CATIÔNICAS	14
3.4 POLIAMINAS QUATERNÁRIAS	15
3.5 PREPARO E DOSAGEM DE POLÍMEROS	16
3.6 APLICAÇÕES USUAIS	18
3.6.1 DECANTAÇÃO	18
3.6.2 FILTRO PRENSA	21
3.6.3 FLOTAÇÃO	23
3.6.4 DECANTAÇÃO ÁGUA DE FULIGEM	25
4 TESTES DE LABORATÓRIO	26
4.1 DECANTAÇÃO	27
4.2 FILTRO PRENSA	28
4.3 FLOTAÇÃO	28
5 NOVAS APLICAÇÕES	29
6 CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS	34

RESUMO

O setor sucroenergético utiliza diversos insumos industriais que podem ser agrupados em commodities e em especialidades químicas. As especialidades químicas são aquelas que requerem performance. As poliacrilamidas aniônicas, catiônicas e as poliaminas quaternárias são exemplos de especialidade química. Portanto, o conhecimento profundo destes polímeros é fundamental para conseguir utilizá-los da maneira mais adequada possível. Além disso, devido à competitividade do setor faz-se necessário otimizar os processos produtivos, de maneira a controlar as variáveis importantes que influenciarão no desempenho dos polímeros. Devido à grande gama de produtos existentes no mercado, definir o mais adequado para cada unidade produtora é essencial, para tanto, os testes em laboratório devem ser conduzidos de maneira criteriosa. Atualmente, as aplicações usuais dos polímeros em uma usina de açúcar e álcool são na decantação do caldo, filtro-prensa, flotação do xarope e decantação da fuligem, além da refinaria. Porém existem outras aplicações para estes produtos que vem sendo estudadas, como para diminuição do teor de cinzas no açúcar final.

Palavras-chave: especialidade química; polímeros; performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Representação esquemática das camadas e potenciais elétricos de uma partícula coloidal em suspensão. – Fonte: Loio (2013)	10
Figura 2:	Representação de uma partícula isolada pelo excesso de polímero – Fonte: SNF Floerger (2009)	12
Figura 3:	Diagrama de floculação. – Fonte: SNF Floerger (2015)	13
Figura 4:	Representação da reação química de produção da poliacrilamida aniônica. – Fonte: SNF Floerger (2009)	14
Figura 5:	Representação das reações químicas de produção da poliacrilamida catiônica. – Fonte: SNF Floerger (2009)	15
Figura 6:	Representação da reação química de produção da poliamina quaternária. – Fonte: SNF Floerger (2009)	16
Figura 7:	Representação de um funil para aplicação de polímero. – Fonte: Lima; Esteves Junior; Castilho (2014).....	17
Figura 8:	Partículas de bagacilho com bolhas de ar aderidas e partículas sem bolhas de ar aderidas. – Fonte: Lima; Esteves Junior; Castilho (2014)	20
Figura 9:	Decantador rápido versus decantador convencional. – Adaptado de: Tambellini (2013).....	21
Figura 10:	Princípio de funcionamento de um filtro. – Fonte: Gomide (1980).....	22
Figura 11:	Filtro rotativo à vácuo versus Filtro Prensa. – Adaptado de: SNF Floerger (2010).....	23
Figura 12:	Ilustração do processo de decantação da fuligem com adição de polímero. – Fonte: Lima; Esteves Junior; Castilho (2014).....	26
Figura 13:	Fluxograma da unidade de flotação, com destaque para adição da poliamina.....	30
Figura 14:	Percentual de redução da cor do xarope, sem poliamina e com poliamina.....	31
Figura 15:	Cor do açúcar final sem a utilização de poliamina (pontos azuis) e com a poliamina (pontos vermelhos).	31
Figura 16:	Teor de cinzas no açúcar final sem poliamina (pontos azuis) e com poliamina (pontos vermelhos).	32

Figura 17: Fluxograma da unidade de decantação com três pontos de dosagem de poliamina.....	33
--	----

1 INTRODUÇÃO

O setor sucroenergético está cada vez mais competitivo, por isso cada unidade procura diminuir seus custos de produção. Os insumos industriais são geralmente alvos para a redução de custos, através da utilização de produtos mais eficazes e com preços menores.

Os insumos industriais utilizados neste setor vão desde commodities, como enxofre, cal, ácido sulfúrico, até especialidades químicas, como os polímeros, antibióticos, entre outras. Quando se trata de uma especialidade química, deve-se levar em conta seu desempenho no processo.

Existem alguns grupos de polímeros que podem ser usados neste setor: poliácridamidas aniônicas, poliácridamidas catiônicas e poliaminas. Dentro de cada grupo há variação de densidade de carga e peso molecular, portanto, encontrar o polímero que terá o melhor desempenho para determinado processo produtivo é minucioso.

Para tanto, é fundamental conhecer as características do polímero, mas, mais do que isso, deve-se ter em mãos as variáveis importantes do processo, tais como, pH, temperatura, tipo de cana, impurezas minerais e vegetais e tantas outras.

A definição do produto ideal para determinado processo deve ser feita, primeiramente, em testes de laboratório que simulem as aplicações industriais. Posteriormente, parte-se para testes em planta para ajuste de processo.

A utilização destes produtos é bastante complexa, tendo em vista que é necessário um preparo do produto recebido antes de aplica-lo. Portanto, este preparo precisa ser adequado para que sua aplicação tenha a eficiência esperada.

Atualmente, existem quatro principais aplicações para estes insumos dentro da unidade: decantação do caldo, filtro prensa, flotação do xarope e decantação de fuligem, além da refinaria. Porém, existem outras aplicações que têm sido estudadas e que tem trazido resultados satisfatórios para os usuários.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão da literatura sobre o que existe de mais atual do assunto e discutir os conceitos importantes acerca de polímeros para o setor sucroenergético, abrangendo as melhores práticas para preparo e utilização de insumos no processo de produção de açúcar e álcool, baseando-se nas diferenças existentes em cada tipo de polímero.

Neste trabalho serão abordados os testes em laboratório que são realizados para definição do melhor produto para cada tipo de processo.

Além disso, tratar-se-á de aplicações diferentes das usuais para estes insumos, visando trazer melhoria para a qualidade do processo industrial e do produto final.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 DEFINIÇÕES

3.1.1 Polímeros: uma visão geral

Polímeros são macromoléculas formadas pela junção de muitas unidades de monômeros que são unidas por uma reação do tipo polimerização. Monômeros são substâncias constituídas de pequenas moléculas cujas ligações são covalentes e devem ter ao menos dois pontos reativos em cada molécula (CARAM, 2017).

Existem polímeros naturais e sintéticos, como exemplos de polímeros naturais têm-se as proteínas que são a junção de um grande número de aminoácidos e o amido, cujo monômero é a molécula de alfa-glicose. Já os polímeros sintéticos são os mais variados, tais como polietileno, polipropileno, policloreto de vinila (PVC), poliestireno, poliacrilamida e poliaminas quaternárias. Na etapa de clarificação do caldo normalmente são empregadas as poliacrilamidas que são polímeros de alto peso molecular e são solúveis em água (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

Atualmente existem disponíveis diversos tipos de polímeros para o setor sucroenergético. O que difere um polímero de acrilamida do outro é, basicamente, seu peso molecular e a densidade de carga.

Polímeros são caracterizados por alto peso molecular, mas durante a síntese de um polímero são formadas cadeias poliméricas com diferentes comprimentos e, conseqüentemente, diferentes pesos moleculares. Por isso, não há um valor único de peso molecular, mas sim uma faixa pré-definida (DALMOLIN, 2017).

Segundo Lima (2010), a densidade de cargas de um polímero confere a ele uma versatilidade de cargas, podendo ser aniônico, catiônico ou neutro. Em temperatura e/ou pH elevados o grupo amida da poliacrilamida sofre hidrólise resultando em grupos carboxilatos que conferem anionicidade a essa molécula. Por outro lado, a hidrólise quebra a cadeia polimérica em porções menores e diminui sua eficiência frente à cadeia de uma molécula não hidrolisada.

3.1.2 Suspensão coloidal

Para uma melhor compreensão do funcionamento dos polímeros dentro do setor sucoenergético é necessário entender os conceitos de coloides e de suspensão coloidal.

Segundo Stopilha (2014), qualquer partícula que possua dimensão linear entre 1 e 1000nm é definida como coloide. Um sistema coloidal é composto por duas fases, uma chamada de dispersa, por ser finamente difundida em outra chamada contínua.

Partículas coloidais possuem área de superfície específica muito alta devido à sua pequena dimensão e, por isso, são mais sensíveis aos fenômenos das forças da superfície do que da força gravitacional. Em outras palavras, elas levam muito mais tempo para decantar se comparadas a outros tipos de partículas. Partículas coloidais formam, portanto, suspensões muito mais estáveis ao longo do tempo (SNF FLOERGER, 2009).

A estabilidade de uma suspensão coloidal depende do equilíbrio entre dois tipos de forças opostas envolvidas. A força de Van der Waals – a força universal de atração entre átomos e moléculas – e a força de atração eletrostática. A combinação entre essas forças iônicas, agentes modificadores da superfície em geral e concentração de íons na solução determina o potencial Zeta do sistema, que nada mais é do que a diferença de tensão elétrica entre a superfície de cada coloide e sua suspensão líquida (FELIX, 2006).

Para suspensões coloidais essa diferença de potencial é de cerca de 10 a 200 mV. Quando ele se reduz a zero, ou próximo de zero (o ponto isoelétrico), as partículas tendem a aglomerar-se sob a influência das forças de Van der Waals e a suspensão coloidal começa a se desestabilizar (SNF FLOERGER, 2009).

Na Figura 1 está sendo representada esquematicamente as camadas e potenciais elétricos de uma partícula coloidal em um meio líquido, a fim de esclarecer o potencial Zeta.

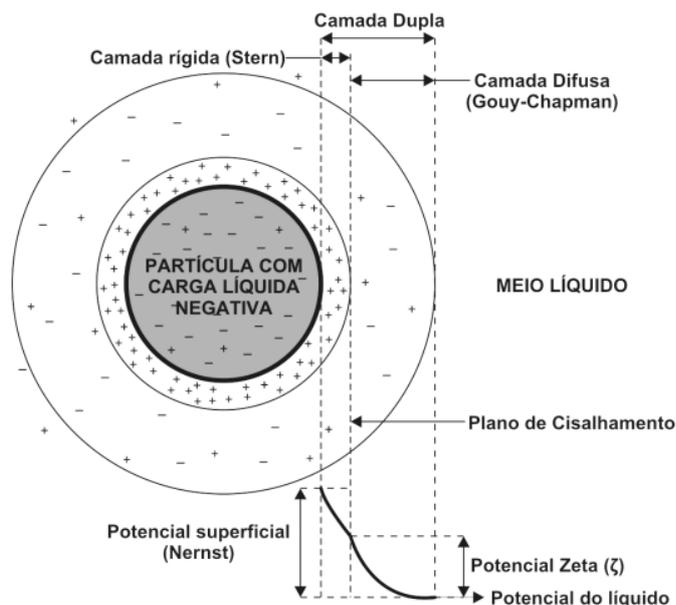


Figura 1: Representação esquemática das camadas e potenciais elétricos de uma partícula coloidal em suspensão. – Fonte: Loio (2013)

3.2 COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO

Os métodos convencionais de separação sólido-líquido, tais como a decantação, filtração, centrifugação e flotação, não podem ser utilizados diretamente em suspensões estáveis, pois as partículas são tão finas que permanecem separadas umas das outras. A coagulação e a floculação são etapas que desestabilizam essas suspensões e permitem a separação sólido-líquido (SNF FLOERGER, 2009).

3.2.1 Coagulação

A palavra coagulação significa aglomeração. A coagulação pode ser considerada o resultado da adição de reagentes químicos em suspensões aquosas pelo qual as partículas coloidais dispersas se agregam em maiores aglomerados chamados flocos ou microflocos. Trata-se da primeira etapa de eliminação de partículas coloidais (SNF FLOERGER, 2011).

Os coagulantes existentes são divididos em coagulantes minerais e coagulantes orgânicos. Os minerais são principalmente baseados em sais de ferro ou de alumínio que apresentam como vantagem ter grande faixa de aplicação e terem custo baixo. Já os orgânicos podem ser as poliaminas, resinas dicianodiamidas ou resinas de melanina-formaldeído, que têm como vantagem a baixa dosagem e não sofrerem com a variação do pH (SNF FLOERGER, 2011).

Tanto os coagulantes minerais quanto os orgânicos tem grupos ativos com caráter catiônico. Essa cationicidade oferece um alto grau de afinidade com as partículas coloidais que são rodeadas por partículas de caráter aniônico, causando uma desestabilização de cargas (SNF FLOERGER, 2015).

Essa desestabilização causada se dá essencialmente pela neutralização das cargas elétricas presentes na superfície da partícula que então facilita a aglomeração dos coloides (SNF FLOERGER, 2011).

3.2.2 Floculação

A floculação é uma etapa subsequente à coagulação e consiste na aglomeração das pequenas partículas em partículas maiores, de forma a facilitar sua remoção através de operações de separação sólido-sólido (LÓIO, 2013).

A carga trazida pelo floculante será selecionada de acordo com a natureza das partículas desestabilizadas na água. Em geral, essa seleção segue o seguinte padrão: floculante aniônico para partículas minerais e floculantes catiônicos para partículas orgânicas (SNF FLOERGER, 2011).

Os floculantes, com seus altos pesos moleculares (longa cadeia monomérica) e seus conteúdos de cargas, fixam as partículas desestabilizadas e os aglomerados ao longo de sua cadeia polimérica, aumentando o tamanho das partículas presentes na fase aquosa resultante da formação dos flocos (SNF FLOERGER, 2011).

O tipo de ligação entre as partículas desestabilizadas e o floculante são, principalmente, ligações iônicas ou de hidrogênio (SNF FLOERGER, 2011).

Dependendo do grau de ionicidade do floculante irá predominar as ligações iônicas ou as de hidrogênio. Quanto maior o grau de ionicidade do produto, maior o teor de ligações iônicas (SNF FLOERGER, 2015).

Para formação dos flocos, o polímero age essencialmente via um mecanismo de adsorção irreversível dos coloides ao longo de sua cadeia molecular. O efeito deste mecanismo depende da concentração de polímero, da concentração de partículas e do tamanho das partículas (SNF FLOERGER, 2009).

Em excesso, o polímero cobre a superfície das partículas, deixando-a isolada, o que estabiliza novamente a suspensão (SNF FLOERGER, 2009). Na Figura 2 está sendo representada uma partícula isolada pelo excesso de polímero.

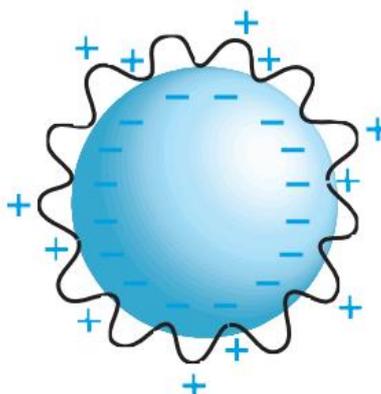


Figura 2: Representação de uma partícula isolada pelo excesso de polímero –
Fonte: SNF Floerger (2009)

Considera-se que a concentração ótima de polímero seja aquela na qual mais da metade dos sítios de adsorção da molécula permaneçam disponíveis sobre as partículas (SNF FLOERGER, 2009).

De maneira detalhada, o desenvolvimento dos flocos ocorre em uma sequência de etapas (SNF FLOERGER, 2009):

1. Dispersão do polímero no meio;
2. Difusão do polímero em direção à interface sólido-líquido;
3. Adsorção do polímero sobre a superfície da partícula. Colisão de partículas carregando o flocculante adsorvido com outra partícula;
4. Adsorção do flocculante sobre uma segunda partícula com o intuito de formar uma ponte e um micro floco;
5. Crescimento dos micros flocos por sucessivas colisões e adsorções;
6. Quebra dos flocos formados, por cisalhamento.

Cada etapa acontece de acordo com sua própria cinética e o resultado final, em termos de floco, depende da taxa relativa das várias etapas. Então, por exemplo, se a fase de adsorção é muito mais rápida que a fase de crescimento, então existirá muitos flocos pequenos, enquanto que se a taxa de crescimento for mais alta, os flocos serão maiores e em menor quantidade (SNF FLOERGER, 2009).

Em geral, as reações de adsorção são extremamente rápidas. A etapa limitante para o desenvolvimento dos flocos é principalmente a das colisões entre partículas e flocos já formados (SNF FLOERGER, 2009).

Na Figura 3 está sendo representado um diagrama de flocculação desde a etapa de desestabilização dos colóides até a formação de flocos.

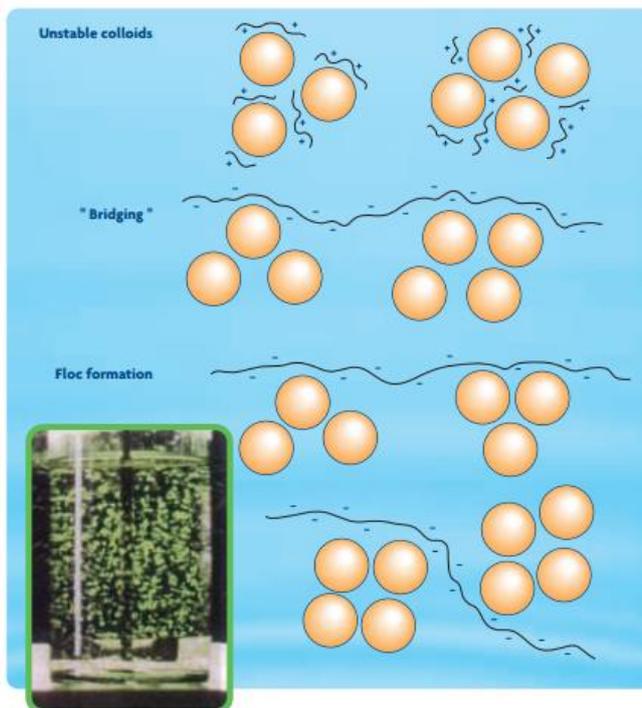


Figura 3: Diagrama de floculação. – Fonte: SNF Floerger (2015)

3.3 TIPOS DE POLÍMEROS FLOCULANTES

Floculantes orgânicos têm peso molecular muito maior que os coagulantes, variando de 3 a 20 milhões de unidades de massa atômica. Sua carga iônica pode variar de 0 a 100% de anionicidade ou cationicidade (SNF FLOERGER, 2015).

Estes produtos podem estar na forma de pó, líquido, pérola, emulsão ou dispersão (SNF FLOERGER, 2015). No mercado sucroenergético os mais utilizados são em pó e, em alguns casos, em emulsão.

Para produção de polímeros em pó os monômeros são polimerizados na forma de gel, o qual passa por uma etapa de secagem. A principal vantagem destes produtos é a grande quantidade de material ativo, sendo superior a 80% (SNF FLOERGER, 2015).

Já a produção de emulsões é feita pela emulsificação dos monômeros em um solvente e posterior polimerização. Por fim, adiciona-se o surfactante o que permite que a emulsão seja diluída em água. As principais vantagens desses produtos são a fácil utilização e um aumento na eficiência em determinadas aplicações (SNF FLOERGER, 2015).

3.3.1 Poliacrilamidas Aniônicas

Floculantes aniônicos são obtidos pela hidrólise dos grupos amida ou de uma cadeia de poliacrilamida ou por copolimerização de poliacrilamida com sais de ácido carboxílico ou sulfônico. O mais comumente usado é o ácido acrílico (SNF FLOERGER, 2009).

Na Figura 4 está representada a reação química mais comum para a produção da poliacrilamida aniônica.

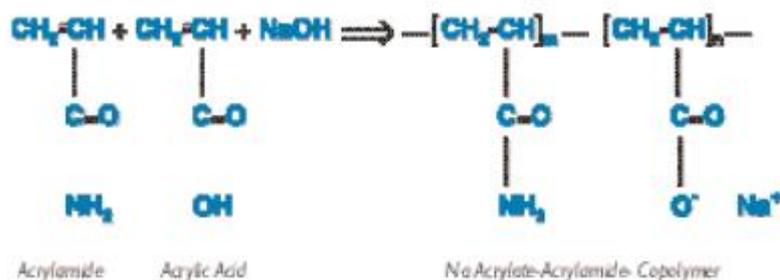


Figura 4: Representação da reação química de produção da poliacrilamida aniônica. – Fonte: SNF Floerger (2009)

O grau de ionicidade dessa poliacrilamida depende da relação entre os monômeros envolvidos, podendo variar de 0 a 100% (SNF FLOERGER, 2009).

Segundo Teixeira (2017), poliacrilamidas aniônicas estão em conformidade com o FDA (Food and Drug Administration) e, portanto, podem ser utilizadas na produção de açúcar, sem quaisquer restrições. Tendo apenas que possuir um residual de monômero de acrilamida livre menor que 500 ppm.

3.3.2 Poliacrilamidas Catiônicas

Floculantes catiônicos são principalmente derivados da copolimerização da acrilamida com acrilato de dimetilaminoetilo (DMAEA) na sua forma quaternária (SNF FLOERGER, 2009).

A primeira reação do DMAEA com o cloreto de metila permite a sua conversão a um sal de amônio quaternário na forma de DMAEA clorometilado (DMAEA-MeCl). A copolimerização do DMAEA-MeCl com acrilamida produz o polímero catiônico (SNF FLOERGER, 2009). Estas reações estão representadas na Figura 5.

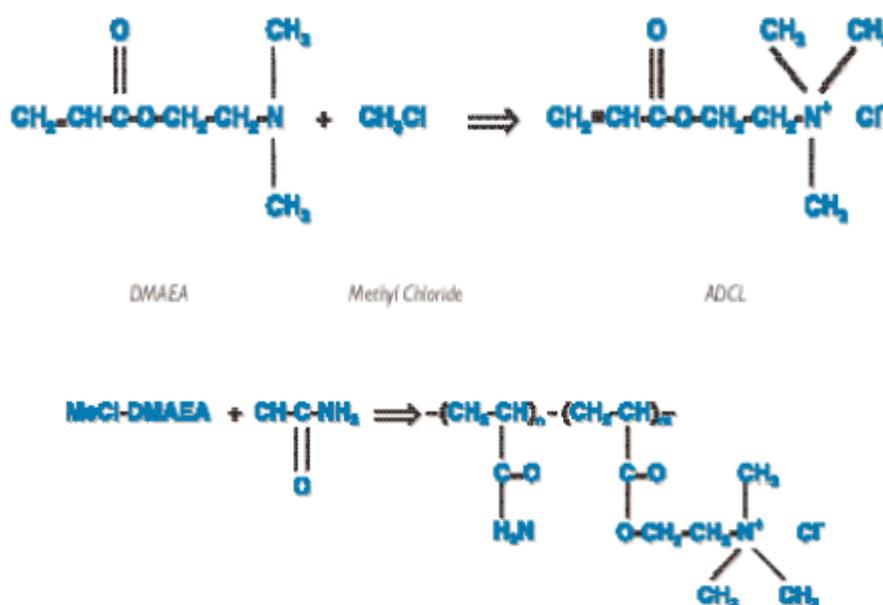


Figura 5: Representação das reações químicas de produção da poliacrilamida catiônica. – Fonte: SNF Floerger (2009)

A hidrólise deste tipo de polímero reduz sua eficiência pelo fato de que são criados polímeros anfóteros e então polímeros aniônicos. Por isso é essencial preparar estes polímeros com pH próximo de 5,5, apesar de a floculação acontecer em pH mais alto (SNF FLOERGER, 2009).

Segundo Teixeira (2017), poliacrilamidas catiônicas não estão em conformidade com o FDA (Food and Drug Administration) e, por isso, não devem ser utilizadas na produção de açúcar, apenas em decantadores cujo caldo clarificado seja destinado à produção de etanol e também em filtro prensa cujo caldo filtrado seja destinado para a destilaria.

3.4 POLIAMINAS QUATERNÁRIAS

As poliaminas quaternárias atuam como coagulantes e sua produção é feita a partir de uma reação de condensação da epiclorigrina com amina primária ou secundária, geralmente dimetilamina, produzindo um polímero de peso molecular moderado, no qual todos os átomos de nitrogênio estão na forma quaternária. Esta reação está representada na Figura 6.

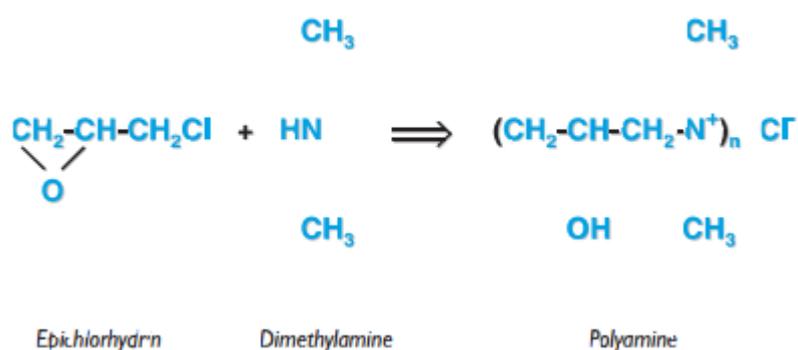


Figura 6: Representação da reação química de produção da poliamina quaternária. – Fonte: SNF Floerger (2009)

Poliaminas diferem dos outros polímeros, porque a carga catiônica está na cadeia principal. As principais particularidades deste tipo de polímero são:

- Peso molecular entre 10.000 e 1.000.000 ua;
- Forma líquida com concentração de 40 a 50%;
- Sítio catiônico na cadeia principal;
- Viscosidade do líquido a 50%: entre 40 e 20.000 centipoise;
- Estável na presença de cloro;
- Compatível com coagulantes inorgânicos;
- Grande estabilidade no armazenamento;
- Usado com ou sem pré-diluição.

Poliaminas são coagulantes orgânicos que podem substituir parcial ou completamente os coagulantes inorgânicos (Fonte: SNF FLOERGER (2009)).

3.5 PREPARO E DOSAGEM DE POLÍMEROS

Atualmente, principalmente por questão de transporte, utiliza-se majoritariamente polímeros em pó no setor sucroenergético. Por isso, existe a necessidade de preparar uma solução polimérica antes de sua utilização no processo.

Um preparo adequado dessa solução aumentará sua eficiência no processo. Existem regras básicas indicadas por fabricantes e distribuidores destes produtos que devem ser adotadas para a utilização de polímeros em pó.

Segundo Lima, Esteves Junior e Castilho (2014), deve-se utilizar tanques de preparo construídos em inox ou de aço carbono revestido com resina epóxi, com a

finalidade de evitar as reações de íons de ferro com o polímero. Tais reações diminuem a eficiência do polímero.

Recomenda-se que a agitação deste tanque seja mecânica com velocidade de 20 a 30rpm, com pás agitadoras com comprimento de 30% do diâmetro do tanque, com 200mm de largura e inclinação de 45°. Esta inclinação melhora a homogeneização do polímero em água (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

Ainda segundo Lima, Esteves Junior e Castilho (2014), a diluição do polímero em água deve estar na faixa de 0,03 a 0,1% no tanque de preparo, ou seja, para um tanque de volume de 10 m³ deve-se diluir de 3 a 10 kg de polímero.

Outro ponto importante é que o polímero só deve ser adicionado ao tanque quando este estiver com 50% do seu volume preenchido com água. Esta adição deve ser feita bem lentamente, para evitar a formação de grumos (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

Na Figura 7 está esquematizado um funil para aplicação de polímero.

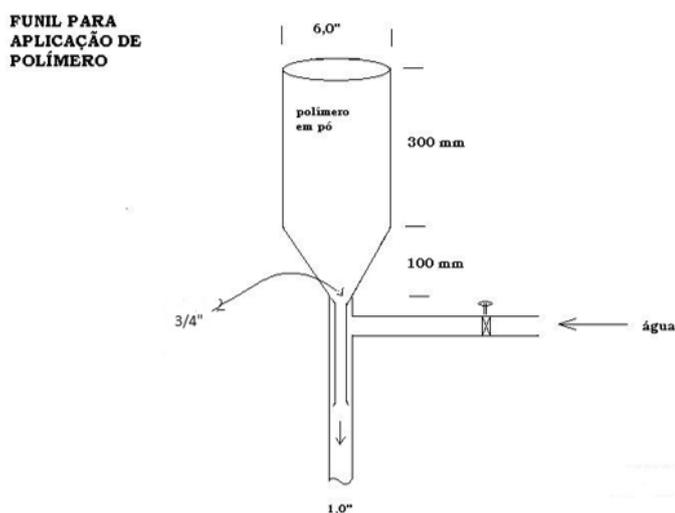


Figura 7: Representação de um funil para aplicação de polímero. – Fonte: Lima; Esteves Junior; Castilho (2014)

A água de diluição deve ser a melhor disponível na usina, de preferência isenta de sólidos em suspensão, de dureza e de sílica. A temperatura dessa água não deve ser superior a 50°C, pois temperaturas muito elevadas provocam a quebra da cadeia, com conseqüente redução do peso molecular do polímero. O pH desta água deve estar próximo da neutralidade. O uso de condensado para diluição de polímero deve

ser evitado, pois apresenta temperatura elevada e pode conter residual de açúcar ou outros contaminantes (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

O tempo de agitação do polímero no tanque de preparo é de 120 minutos para polímeros aniônicos e 90 minutos para os catiônicos. Para transferência da solução polimérica para as aplicações industriais deve ser utilizada bomba do tipo helicoidal, de deslocamento positivo, preferivelmente com variador de velocidade, para evitar a quebra da cadeia de polímero. Além disso, deve-se utilizar rotâmetros para a medição precisa da vazão da solução de polímero na entrada de cada aparelho (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

Devido ao fato de o polímero ser altamente higroscópico, o mesmo deve ser guardado em lugar seco e a temperatura ambiente (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

3.6 APLICAÇÕES USUAIS

Dentro de uma usina de açúcar e álcool as aplicações usuais para os polímeros floculantes são: decantação, filtro prensa, flotação, decantação de fuligem, além da refinaria.

3.6.1 Decantação

A decantação é a última etapa do tratamento de caldo. A tecnologia empregada para purificar o caldo de cana tem como fundamentos a coagulação máxima dos coloides e a formação de um precipitado que adsorva e arraste todas, ou a maior parte, as impurezas presentes nele (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

O tipo de purificação deste caldo varia de acordo com a composição do mesmo e com o tipo de açúcar a ser produzido. O caldo misto proveniente das moendas possui diversas substâncias em solução, são elas: sacarose, açúcares invertidos, sais minerais, compostos nitrogenados, entre outros. Apresenta também, em suspensão, terra, bagacilho, cera, entre outros. Por ser uma matéria prima extrativa, o caldo de cana possui composição extremamente variável, que depende de fatores como a variedade, idade e sanidade da cana; condições climáticas; tratos culturais; condições de solo; etc. (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

O tratamento de caldo pode ser dividido em tratamento físico e tratamento químico. O tratamento físico compreende o peneiramento do caldo, já o tratamento

químico compreende a sulfitação, calagem, aquecimento, flasheamento e a decantação, propriamente dita (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

Para que a etapa de decantação ocorra eficientemente, as etapas anteriores a ela devem ser controladas. A etapa de sulfitação é opcional, sendo feita apenas para produção dos açúcares com especificações mais exigentes. Ela consiste em promover o contato do caldo com o gás sulfuroso (SO_2). Sua finalidade é reduzir o pH para auxiliar na precipitação e remoção de proteínas do caldo; diminuir a viscosidade do caldo, xarope, massas cozidas e méis; prevenir o amarelecimento do açúcar durante seu armazenamento; preservar o caldo através da eliminação de alguns microrganismos (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

A etapa de calagem tem por objetivo corrigir o pH do caldo entre 6.8 a 7.2, isso é feito pela adição de leite de cal ou sacarato de cálcio, que irá neutralizar a acidez do caldo, reagindo com os ácidos orgânicos presentes, além de que precipitará os coloides e floculará as partículas em suspensão (TAMBELLINI, 2013).

A etapa de aquecimento visa elevar a temperatura do caldo até 105°C , que é a temperatura ideal para a decantação. Quando esta temperatura não é atingida há uma eliminação incompleta de gases e ar do caldo, formação de flocos deficientes devido às reações químicas que não se completaram e coagulação deficiente (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

Acima desta temperatura pode haver a destruição de açúcares, formação de cor no caldo devido a decomposição de substâncias orgânicas, caramelização do açúcar e consumo desnecessário de vapor de aquecimento. Portanto, controlar essa etapa é de fundamental importância para o processo como um todo (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

A etapa de flasheamento do caldo tem a função de liberar as bolhas de ar que estão agregadas às partículas em suspensão, que se se mantiverem ali, haveria o comprometimento da decantação (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

Na Figura 8 está representada à esquerda partículas de bagacilhos com bolhas de ar aderidas e à direita sem as bolhas de ar.

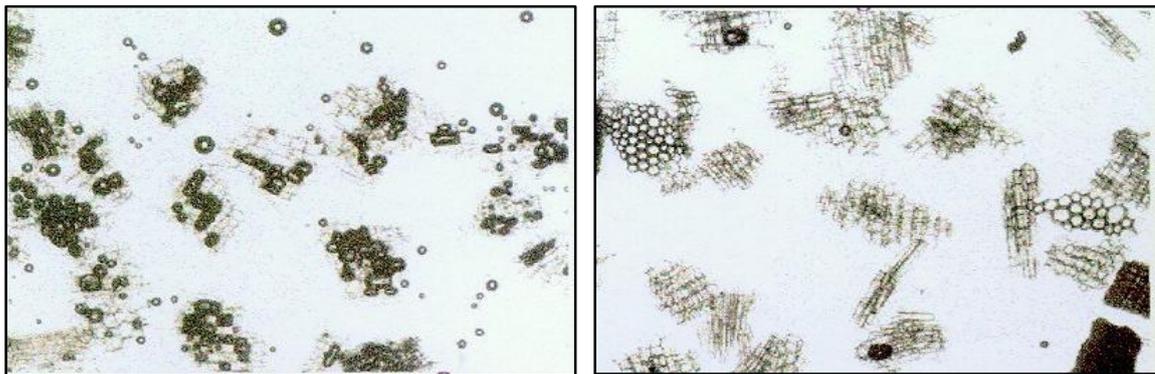


Figura 8: Partículas de bagacilho com bolhas de ar aderidas e partículas sem bolhas de ar aderidas. – Fonte: Lima; Esteves Junior; Castilho (2014)

O caldo após sofrer tratamento químico e térmico é então destinado aos decantadores para que haja remoção das impurezas por floculação e posterior sedimentação. Os principais objetivos desta etapa são: precipitação tão completa quanto possível dos coloides; alta velocidade de assentamento; mínimo volume de lodo produzido e com alta densidade; produção de um caldo clarificado mais claro possível (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

Para que tais objetivos sejam atingidos é necessário adequar a quantidade de floculante dosada, deve-se manter o nível de lodo no decantador baixo, adequar a concentração de fósforo no caldo a decantar e trabalhar com tempo de retenção adequado ao tipo de decantador (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

No setor sucroenergético usualmente utiliza-se dois tipos de decantadores: convencional ou rápido (SRI). Na Figura 9 são mostradas as vantagens e desvantagens de cada tipo.

	DECANTADOR RÁPIDO (SRI)	DECANTADOR CONVENCIONAL
VANTAGENS	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo tempo de retenção (em torno de 1 hora); • Menor volume (mais rápido para liquidar); • Baixo custo para instalação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta estabilidade a variações de fluxo; • Lodo mais concentrado; • Baixo consumo de polímero; • Opera normalmente com °Brix elevado.
DESvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Altamente sensível à variação de fluxo (automação do processo); • Maior consumo de polímero; • Maior dificuldade de decantação com °Brix elevado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior tempo de retenção (2,5 horas), causando destruição da sacarose e formação de compostos coloridos; • Volumes nas partes superiores inoperantes (locais de infecção); • Alto custo de implantação.

Figura 9: Decantador rápido versus decantador convencional. – Adaptado de: Tambellini (2013)

3.6.2 Filtro Prensa

O lodo gerado nos decantadores é um material espesso que ainda contém açúcares. Com o intuito de recuperar este açúcar e diminuir o volume de resíduo gerado, devido a remoção do teor de água, o lodo é enviado para a etapa de filtração (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

A filtração é o processo de separação de um sólido particulado de um fluido, deixando o sólido retido em um meio poroso. Na Figura 10 está representado um esquema de filtração. Nela há um suporte do meio filtrante sobre o qual vai sendo depositada a torta à medida que a suspensão passa através do filtro. A força propulsora da operação varia de acordo com o tipo de filtro. Ela pode ser o próprio peso da suspensão (como na figura), pressão aplicada sobre o líquido, vácuo ou força centrífuga (GOMIDE, 1980).

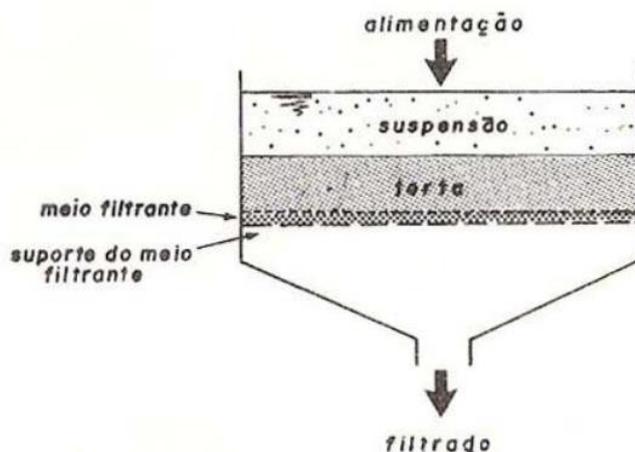


Figura 10: Princípio de funcionamento de um filtro. – Fonte: Gomide (1980)

Nas usinas de açúcar e álcool são encontrados filtros rotativos à vácuo e filtros prensas, sendo os rotativos os mais usuais. Nos filtros rotativos, aplica-se um vácuo abaixo do meio filtrante e lava-se o lodo com água. Neste tipo de filtro não é necessária a aplicação de polímeros (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

Segundo SNF FLOERGER, 2010, o filtro prensa ou prensa desaguadora permite uma contínua desidratação do lodo entre duas telas de filtro. Existem muitas variações nos filtros prensa, mas todos eles têm as seguintes características:

- 1) Zona de floculação: o lodo é condicionado antes de chegar à zona de drenagem. A mistura floculante-lodo é feita nesta zona e o lodo floculado é distribuído uniformemente no filtro. Neste nível, o lodo está na forma de flocos com água livre entre eles.
- 2) Zona de drenagem por gravidade: o lodo floculado é drenado na primeira tela (menor) simplesmente pela gravidade. A drenagem é auxiliada por cercas livres na tela. Nessa zona, uma linha de água é criada e corresponde, grosseiramente, ao momento onde a maior parte da água livre na floculação é eliminada.
- 3) Zona de compressão progressiva: o lodo, após a drenagem da água livre, é então pressionado entre duas telas de filtro. Na chegada à tela superior, uma pressurização progressiva acontece:
 - Acima de 4 bar para filtros de baixa pressão.
 - Acima de 5 bar para filtros de média pressão.
 - Acima de 7 bar para filtros de alta pressão.

- 4) Zona de raspagem de torta: uma vez pressionado, o lodo apresenta um aspecto mais sólido. Ele é chamado de torta de filtro. Essa torta é então raspada da superfície das duas telas e é separada.
- 5) Estação de lavagem de alta pressão: uma série de bocais abaixo de 7 a 8 bar de pressão (100 – 250 psi) limpa continuamente cada tela (SNF FLOERGER, 2010).

Na Figura 11 são mostradas as vantagens e desvantagens de cada tipo de filtro utilizados no setor.

	ROTATIVO	PRENSA
VANTAGENS	<ul style="list-style-type: none"> • Não necessita de adição de floculante no lodo; • Produção de caldo filtrado com °Brix mais elevado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Opera sem a necessidade de bagacilho; • Caldo filtrado com menor turbidez; • Menor consumo de energia elétrica (30 a 40% menor); • Umidade mais baixa (60-70%)
DESvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Operação necessita de bagacilho; • Caldo filtrado com maior turbidez; • Maior consumo de energia; • Umidade mais alta (70-80%). 	<ul style="list-style-type: none"> • Produção de caldo filtrado com menor brix; • Maior volume de água no processo – evaporação.

Figura 11: Filtro rotativo à vácuo versus Filtro Prensa. – Adaptado de: SNF Floerger (2010)

3.6.3 Flotação

Outra aplicação usual para os polímeros é a flotação do xarope. Essa aplicação consiste em uma operação unitária eficiente para garantia de um açúcar de melhor qualidade, com cor ICUMSA menor, menos impurezas e pontos pretos (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

A flotação é um processo de separação sólido-líquido no qual os materiais em suspensão ficam aderidos em bolhas de ar, ficando mais leves que o meio e, por esse motivo, os flocos formados tendem a flutuar na superfície do xarope, podendo ser removidos na forma de lodo ou espuma (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

Esta operação unitária não ocorre apenas no flotador, ela depende de uma série de etapas anteriores para que seja eficiente. As etapas principais são:

condicionamento, aquecimento, aeração, macro floculação e separação das fases (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

O condicionamento é a etapa de preparo do material para a flotação, ele se dá pela adição de produtos químicos no meio para tornar as partículas hidrofóbicas, possibilitando sua precipitação na forma de pequenos flocos. Os produtos químicos adicionados nesta etapa são: ácido fosfórico grau alimentício, descolorante (opcional) e sacarato de cálcio. Devem ser considerados no projeto da estação de flotação o tempo de reação de cada produto químico e também a homogeneização necessária (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

O ácido fosfórico tem a função de reduzir a cor do xarope e também a sua viscosidade, facilitando o processo de flotação. A dosagem deste insumo varia de acordo com a qualidade do xarope bruto e do açúcar que se deseja produzir. Ela varia de 300 a 600 ppm sobre os sólidos do xarope (STEFANI, 2000).

A adição do sacarato de cálcio, ou leite de cal, objetiva saturar os sais resultantes das reações químicas. Deve-se controlar esta etapa evitando o aumento excessivo do pH do xarope, para que não ocorra a formação de cor. O pH ideal é entre 6.0 e 6.4 (STEFANI, 2000).

Após a adição dos produtos químicos, faz-se necessário aquecer o xarope a fim de acelerar as reações de condicionamento e reduzir a viscosidade e a densidade do xarope. A temperatura ideal de trabalho no interior do flotador é de 85°C (STEFANI, 2000).

Em algumas unidades de flotação, o sacarato de cálcio pode ser adicionado ao xarope após a etapa de aquecimento, para evitar incrustação nos aquecedores de xarope (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

Em seguida vem a etapa de aeração, na qual adiciona-se microbolhas de ar que irão se unir às partículas a serem separadas do meio, o que as torna menos densas que o líquido e ficam propensas à flotação. Existem diversos sistemas de aeração, a escolha do sistema ideal para cada unidade é de fundamental importância, pois o sistema de aeração compromete o desempenho de toda a unidade de flotação (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

A etapa de macro floculação é necessária para agrupar as partículas com as bolhas de ar, formando macro flocos com baixa densidade. A formação destes macro flocos se dá pela adição do agente floculante, o polímero (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

Utiliza-se um misturador estático na entrada do flotor para homogeneizar o xarope com o polímero adicionado. Quando observa-se flocos pequenos com flotação lenta há falta de polímero no sistema (STEFANI, 2000).

Por fim, a separação das fases é realizada em um flotor, no qual os flocos menos densos que o meio deslocam-se em relação ao líquido e se acumulam na superfície na forma de uma densa espuma, ou lodo, que é removida através de raspadores mecânicos (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014).

3.6.4 Decantação água de fuligem

Os gases que saem pela chaminés das caldeiras de bagaço de cana têm consideráveis quantidades de materiais particulados e, para atender as normas ambientais, faz-se necessário limpar esses gases retirando os componentes não gasosos. O sistema de limpeza que tem se mostrado mais eficiente é a lavagem destes gases com água, em contracorrente, utilizados bicos aspersores ou cortinas d'água. As partículas arrastadas por estes gases se depositam em reservatórios chamados retentores de fuligem (ALMEIDA, 2014).

A água contendo as partículas arrastadas não pode ser descartada sem um prévio tratamento. O tratamento mais usual é feito através das seguintes etapas:

- Bombeamento da água da chaminé para uma peneira;
- Peneiramento da água para retirar o material leve, que não decantaria;
- Envio da água peneirada para o decantador, de aço carbono, com fundo cônico. Do decantador retira-se a água limpa e o lodo.
- Envio do lodo para um filtro.

Utiliza-se um sistema de injeção de polímeros para floculação das partículas leves (ALMEIDA, 2014).

Na Figura 12 está sendo mostrada uma sequência de fotos a fim de ilustrar o processo de decantação da água de lavagem dos gases com a adição de polímero.

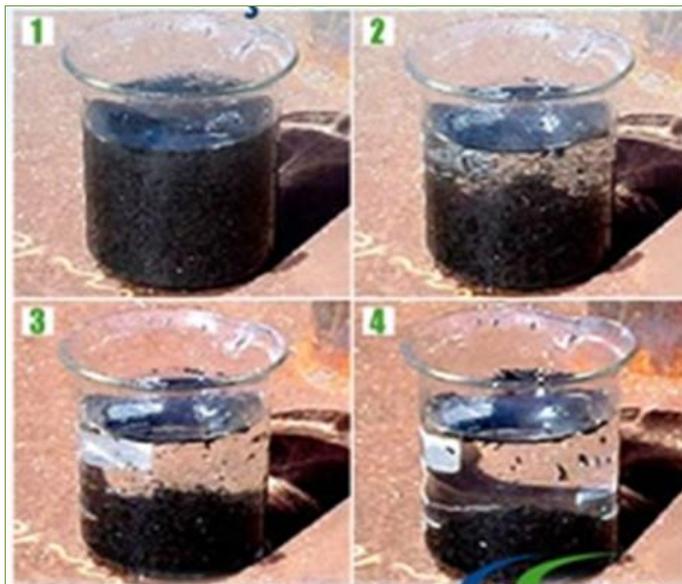


Figura 12: Ilustração do processo de decantação da fuligem com adição de polímero. – Fonte: Lima; Esteves Junior; Castilho (2014)

4 TESTES DE LABORATÓRIO

Os testes em laboratório são essenciais para seleção do melhor polímero para cada aplicação em uma unidade industrial. Eles comparam o desempenho de diversos tipos de polímeros e permitem definir aquele produto que teve a melhor performance para posterior teste em planta.

O desempenho do polímero depende de inúmeras condições de processo, tais como: qualidade da matéria prima, impurezas minerais e vegetais, controle de pH, controle de temperatura, se há ou não a sulfitação do caldo, concentração do lodo na entrada do filtro prensa, entre tantas outras.

É importante salientar que os testes em laboratório apenas simulam as condições da planta, portanto, há a possibilidade de que, no teste em planta, o polímero selecionado não apresente o desempenho esperado.

Foram desenvolvidos procedimentos de testes de laboratório que simulam as etapas de decantação do caldo, filtro prensa e flotação do xarope. O intuito é que, com esses procedimentos, mantenha-se um padrão para todas as amostras, podendo efetivamente definir o melhor produto para cada situação.

4.1 DECANTAÇÃO

Para realização do teste de decantação em laboratório, deve-se, primeiramente, preparar a solução do polímero em concentração de 0,05%, ou seja, adiciona-se 0,100g de polímero em frascos com 200mL de água. Deve-se deixar esses frascos agitando por duas horas, em mesa agitadora.

As amostras de caldo devem ser coletadas apenas após a abertura da cadeia polimérica e em volume suficiente para realização de toda a bateria de testes. É importante medir o pH e °Brix na amostra coletada e certificar se esses resultados estão na faixa de trabalho da unidade.

O equipamento ideal para simulação da decantação é um sistema de Jar Test, com pelo menos quatro jarros de teste.

Para iniciar o teste propriamente dito, deve-se separar a quantidade necessária de caldo para a primeira bateria de testes e aquecê-la até a ebulição, sob agitação, para que não haja a queima desta amostra. Deve-se aquecer também, até a ebulição, o mesmo volume de água a fim de ambientar os jarros do Jar Test.

Coleta-se em seringas os volumes desejados de polímeros para o teste. Importante haver um planejamento para esta coleta, a fim de obter resultados comprobatórios, por exemplo, manter a mesma dosagem variando os tipos de polímero, ou então variar a dosagem para um único polímero.

Após o aquecimento do caldo deve-se desligar o aquecimento e agitar a amostra por um minuto para simular a etapa de flasheamento, com a eliminação de bolhas de ar. Adiciona-se então o caldo aquecido nos jarros lentamente para evitar a formação de espumas e bolhas. Deve-se ligar a agitação do Jar Test para homogeneização e remoção da espuma que por ventura tenha sido formada na camada superior.

Então, adiciona-se o polímero na dosagem desejada e mantém a agitação até a homogeneização e formação dos flocos, por cerca de trinta segundos. Após cessar a agitação, conta-se dois minutos, observando a velocidade de decantação e o tamanho dos flocos formados.

Após isso, coleta-se amostras do caldo clarificado pelas torneiras do Jar Test. Após resfriamento das amostras, analisa-se transmitância, turbidez e cor do caldo clarificado.

O melhor produto será aquele que apresentar, na menor dosagem, maior transmitância, menor turbidez, menor cor, maior velocidade de sedimentação e melhor estabilidade dos flocos formados.

4.2 FILTRO PRENSA

Para o teste em laboratório de simulação do filtro prensa deve-se preparar uma solução de polímero na concentração de 0,05%, da mesma maneira que para o teste de decantação. Deve-se coletar toda a quantidade de lodo necessária para os testes de uma única vez, após a abertura da cadeia polimérica ter sido concluída.

Analisa-se o pH, °Brix e porcentagem de sólidos na amostra coletada, deve-se certificar se os resultados estão na faixa de trabalho da planta. Para simular as condições da planta, deve-se aquecer toda a amostra do lodo até a ebulição.

Adiciona-se 200 mL de lodo aquecido em copos plásticos para floculação e injeta-se o polímero nas dosagens desejadas. Para todos os testes, deve-se transferir o lodo de um copo a outro por cinco vezes e observar a floculação. Caso não tenha sido atingida uma boa floculação, deve-se adicionar mais polímero até obtenção da floculação desejada.

Usualmente coleta-se em uma seringa 5mL de polímero e adiciona-se toda a quantidade no lodo. Em outra seringa, coleta-se 10mL de polímero e, caso necessário, adiciona-se de 2 em 2mL até atingir uma boa floculação.

Após obtenção da floculação desejada, despeja-se o lodo floculado em um funil com tela filtrante. Deixa-se o lodo floculado drenar por um minuto. O volume desaguado após trinta segundos e após um minuto é importante para definir qual foi o melhor desempenho.

Descarta-se, então, o lodo na bancada para avaliar a consistência do bolo formado. O melhor produto será aquele que apresentar, na menor dosagem possível, melhor floculação, consistência firme do bolo na bancada e maior deságue em trinta segundos e em um minuto.

4.3 FLOTAÇÃO

O teste em laboratório para simulação da etapa de flotação é o que exige maior cuidado, pois a reprodução do sistema de flotação é bastante sensível.

Da mesma maneira que para os demais testes, deve-se preparar uma solução de polímero a 0,05% e coletar a amostra de xarope apenas após a abertura da cadeia

polimérica. Deve-se analisar na amostra coletada o pH, cor, turbidez, cinzas e °Brix, e verificar se estão em acordo com a faixa de trabalho da unidade.

Mede-se o volume de 1L de xarope, necessário para um teste, em um Becker. Aquece-se esta amostra até 60°C em chapa quente, para que não deteriore a amostra, o que aumentaria sua coloração. Simula-se a dosagem de todos os produtos químicos que são adicionados na etapa de condicionamento daquela unidade, da seguinte maneira, adiciona-se o descolorante na dosagem recomendada e deixa sob agitação por quinze minutos, após isso eleva-se a temperatura da amostra até 80°C. Após o aquecimento, adiciona-se o ácido fosfórico na mesma dosagem da planta.

Espera-se um minuto, e corrige o pH com sacarato de cálcio, sob agitação. Esta agitação constante e intensa promove a formação do floco primário de fosfato de cálcio. Esta correção de pH só deve ser feita se a unidade tiver essa prática em sua operação.

Agita-se a amostra por mais dez minutos sob aquecimento para que os flocos primários consigam atrair cinzas, amidos, dextranas e coloides de carga negativa. Esse aquecimento deve atingir a temperatura de 80°C.

Adiciona-se então o xarope no copo de um liquidificador previamente ambientado com água quente e agita por dez segundos. Após desligar o liquidificador, adiciona-se o polímero aniônico na dosagem desejada, espalhando-o bem. A mistura deve ser agitada rapidamente com um bastão.

Verte-se, então, todo o xarope no Becker de uma altura de aproximadamente trinta centímetros e observa-se a flotação.

Após cinco minutos de reação, coleta-se a amostra do xarope flotado do fundo do Becker com uma seringa com agulha grossa e analisa a amostra com relação a turbidez, cor e cinzas.

O melhor resultado será aquele que apresentar uma maior redução na turbidez, cor e cinzas, na menor dosagem.

5 NOVAS APLICAÇÕES

Além das aplicações usuais já abordadas no presente trabalho no item 3.6, muito vem sendo estudado com relação a outras aplicações para as poliaminas e poliacrilamidas.

Uma delas é a utilização das poliaminas quaternárias como descolorante de xarope, anteriormente à etapa de flotação, que tem como finalidade reduzir a cor do xarope e também o teor de cinzas no açúcar final.

Esse produto auxilia na formação do floco primário, responsável por atrair cinzas, amidos, dextranas e, principalmente, os coloides de carga negativa, devido à sua característica catiônica.

A dosagem recomendada deste produto é de 100 a 150 ppm de produto puro, ou, quando diluído, de 300 a 450 ppm. Na Figura 13 é apresentada um fluxograma de toda unidade de flotação com a adição deste produto.

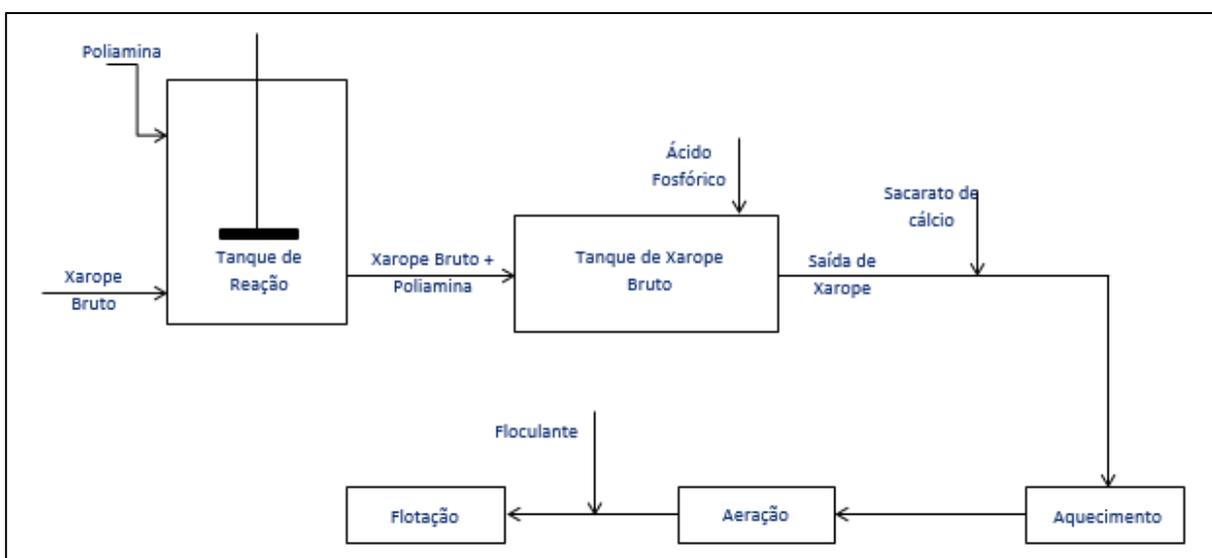


Figura 13: Fluxograma da unidade de flotação, com destaque para adição da poliamina.

A sugestão é que haja um tanque de reação anterior ao tanque de xarope bruto onde deve ser adicionado a poliamina, pois haverá um maior tempo de reação, auxiliando na remoção do teor de cinzas.

Foram realizados testes em planta em unidade industrial do interior do estado de São Paulo com essa nova aplicação. Com relação ao percentual de redução de cor do xarope houve um aumento significativo, como mostrado no gráfico representado na Figura 14.

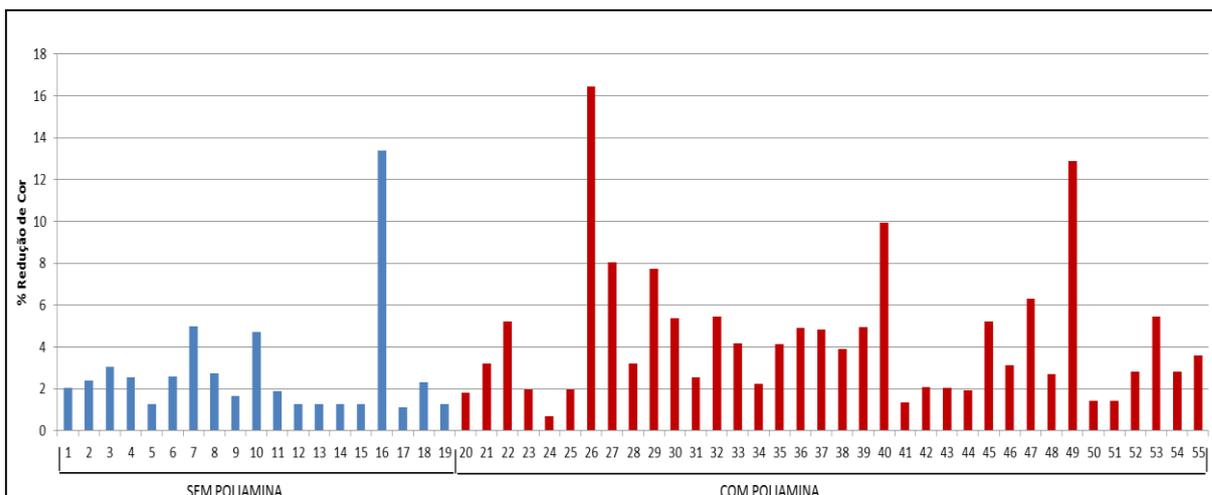


Figura 14: Percentual de redução da cor do xarope, sem poliamina e com poliamina.

Com relação à cor do açúcar final também houve uma diminuição, embora tenham havidos picos no período de utilização, devido a alteração na qualidade da matéria prima. Na Figura 15 estão representados os resultados obtidos.

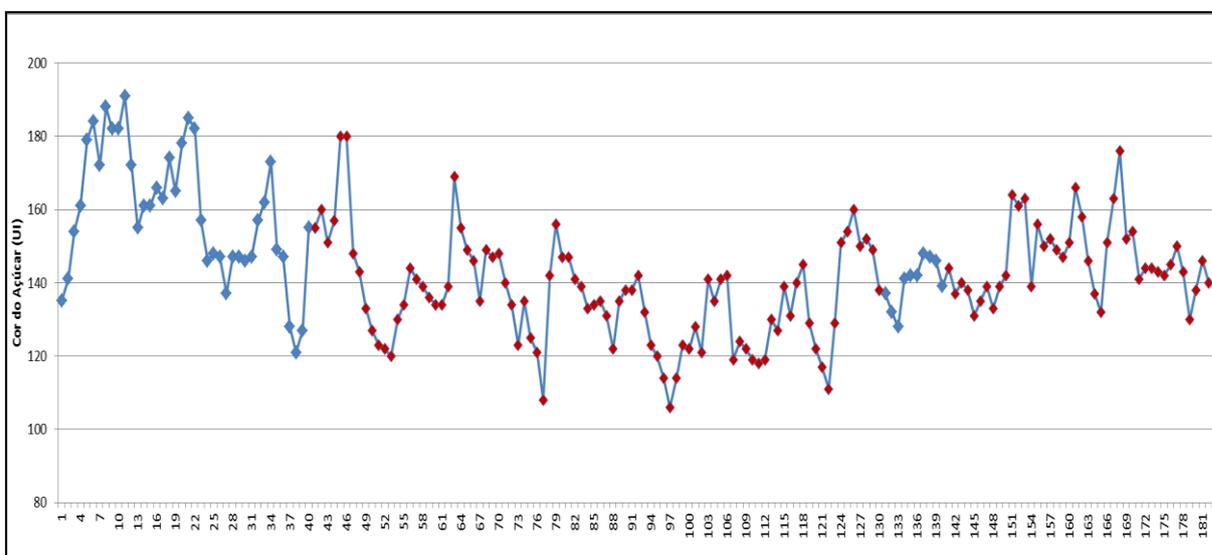


Figura 15: Cor do açúcar final sem a utilização de poliamina (pontos azuis) e com a poliamina (pontos vermelhos).

Por fim, o teor de cinzas no açúcar final também foi reduzido. Na unidade em questão, para classificação de determinado tipo de açúcar o teor de cinzas não poderia ser superior a 0,05%. Com a utilização da poliamina este teor foi atingido,

tendo, inclusive, vários pontos abaixo deste limite. Na Figura 16 estão representados os resultados obtidos.

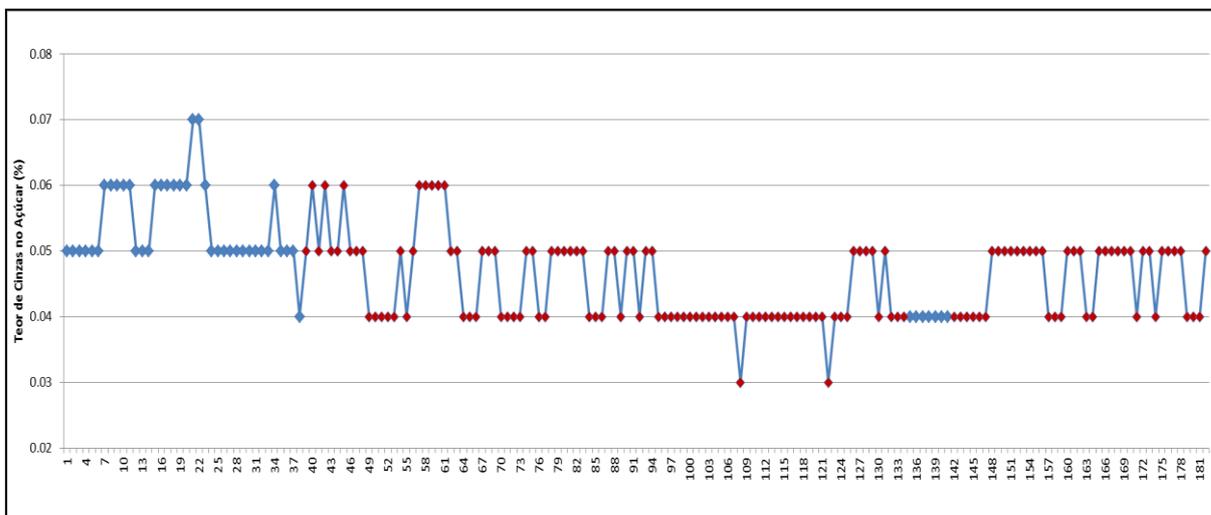


Figura 16: Teor de cinzas no açúcar final sem poliamina (pontos azuis) e com poliamina (pontos vermelhos).

A unidade em questão utilizou essa poliamina durante praticamente toda a safra 2017/2018 quando produziu a cota do açúcar cujo teor de cinzas e cor ICUMSA eram mais exigentes.

Uma outra aplicação que vem sendo estudada é a utilização da poliamina no caldo, antes da decantação, com o objetivo de redução de cor.

Esse produto pode ser dosado antes da calagem, depois da calagem ou antes da entrada no decantador, mas os resultados anteriores à calagem devem ser mais efetivos devido ao maior tempo de reação. Na Figura 17 estão esquematizadas os três pontos possíveis de dosagem.

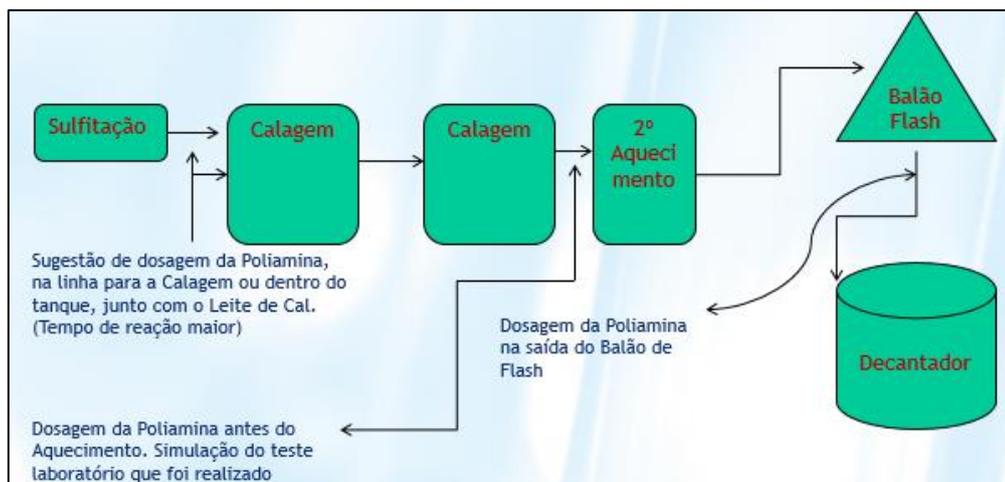


Figura 17: Fluxograma da unidade de decantação com três pontos de dosagem de poliamina

Após testes em laboratório, observou-se que a cor do caldo clarificado reduziu com relação a apenas utilização do polímero floculante em todas as dosagens, mas o melhor resultado foi quando dosado após o aquecimento. Em laboratório não foi possível testar antes da calagem. Além disso também foi observada redução no teor de amido no caldo clarificado.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho permite concluir que a utilização de polímeros no setor sucroenergético é bastante ampla e de fundamental importância para o bom andamento do processo industrial. Sendo assim, o conhecimento técnico acerca das particularidades de cada tipo de polímero e também das aplicações já usuais são essenciais.

Além disso, entende-se que a realização de testes em laboratório criteriosos permite determinar o melhor tipo de polímero para cada aplicação de maneira bem assertiva, evitando desperdício de tempo e de recursos financeiros.

Por fim, é possível perceber que o setor ainda comporta a utilização destes polímeros em outras aplicações, já que o mercado está cada vez mais exigente com relação às especificações de cada tipo de produto produzido, além de haver uma ampla variação na qualidade da matéria prima enviada para a indústria.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Manoel de. **Tratamento da Água de Lavagem dos Gases da Chaminé das Caldeiras.** 2014. Disponível em: <http://www.piracicabaengenharia.com.br/artigos_full.asp?nID=366>. Acesso em: 15 out. 2017.

CARAM, Rubens. **Estruturas e Propriedades dos Materiais:** Campinas: Rubens Caram, 2017. 52 slides, color. Disponível em: <www.fem.unicamp.br/~caram/8.MATERIAIS_POLIMERICOS_GRAD.pdf>. Acesso em: 04 out. 2017.

DALMOLIN, Carla. **Química de Polímeros:** Joinville: Carla Dalmolin, 2017. 32 slides, color. Disponível em: <www.joinville.udesc.br>. Acesso em: 04 out. 2017.

FELIX, Tais. **Análise dos parâmetros eletrocinéticos superficiais de minerais contaminantes do carvão pela determinação do potencial zeta.** 2006. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Química Bacharelado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105007>>. Acesso em: 04 out. 2017.

GOMIDE, R. (1980). "Operações Unitárias", vol. 3 – Ed do Autor, São Paulo.

LIMA, Antonio Henrique; ESTEVES JUNIOR, Nivaldo Luiz; CASTILHO, Rodrigo Ferrari. **Clarificação:** Caldo - Xarope - Filtro Prensa - Fuligem. Disponível em: <<http://www.skillsquimica.com.br/>>. Acesso em: Outubro. 2017

LIMA, Bruna Vital de. **Hidrólise e caracterização de poliacrilamida hidrofobicamente modificada:** avaliação da aplicabilidade na recuperação de petróleo. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Centro de Ciências

Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/17623>>. Acesso em: 04 out. 2017.

LÓIO, Davi Ambrozio. **Tratamento físico-químico de vinhaça por coagulação, floculação e sedimentação e seu aproveitamento no cultivo da microalga *Chlorella vulgaris***. 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. Disponível em:

<www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/.../dissertacao_final_PPGSHS_davi_2013.pdf>. Acesso em: 05 out. 2017.

SNF FLOERGER (França) (Comp.). **Coagulation and Flocculation**. 2011. Disponível em: <<http://www.skillsquimica.com.br/>>. Acesso em: 04 out. 2017.

SNF FLOERGER (França) (Comp.). **Preparation of Organic Polymers**. 2015. Disponível em: <<http://www.skillsquimica.com.br/>>. Acesso em: 04 out. 2017.

SNF FLOERGER (França) (Comp.). **Sludge Dewatering**. 2010. Disponível em: <<http://www.skillsquimica.com.br/>>. Acesso em: 04 out. 2017.

SNF FLOERGER (França) (Comp.). **Water Soluble Polymers**. 2009. Disponível em: <<http://www.skillsquimica.com.br/>>. Acesso em: 04 out. 2017.

STEFANI, Paulo Roberto. **Flotação de Xarope**. 2000. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/93912777/Apostila-de-Flotacao-2>>. Acesso em: 09 out. 2017.

STOPILHA, Roberta Talita. **Obtenção e caracterização de complexos polieletrólíticos de quitosana e poli (metacrilato de sódio)**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade

Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/.../19423/>>. Acesso em: 04 out. 2017.

TAMBELLINI, Carlos A.. **Tratamento de caldo e a sua importância**. Jaboticabal: Empral, 2013. 59 slides, color. Disponível em: <www.empral.com.br/jaboticabal/downloads/04.pdf>. Acesso em: 08 out. 2017.

TEIXEIRA, Luiz Anderson. **Uso de polieletrólitos na indústria sucroalcooleira**: Mas atenção: nem todas as poliacrilamidas podem ser utilizadas para produção de açúcar. 2017. Disponível em: <<http://www.portalfit.com.br/2017/Outubro/1238/uso-de-polieletrolitos-na-industria-sucrcoalcooleira>>. Acesso em: 23 out. 2017