

PROJETO DE MELHORIA NO PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES ORIUNDO DA FABRICAÇÃO DE LÁTEX DE POLIISOPRENO SINTÉTICO

Elisabete Gonçalves Esteves

Graduanda do Curso de Bacharelado em Engenharia Química do Centro Universitário de Paulínia - UNIFACP.

Luana Pereira Tetzner

Graduanda do Curso de Bacharelado em Engenharia Química do Centro Universitário de Paulínia - UNIFACP.

Pablo de Oliveira Lara

Graduando do Curso de Bacharelado em Engenharia Química do Centro Universitário de Paulínia - UNIFACP.

João Eduardo Polís

Docente Orientador do Centro Universitário de Paulínia – UNIFACP

RESUMO

O Processo de tratamentos de efluentes industriais é fundamental para assegurar que os resíduos sejam tratados de forma adequada antes de serem lançados ao meio ambiente. O tratamento de efluentes industriais envolve diferentes fases e métodos, os quais podem ser adaptados de acordo com a composição e particularidades de cada tipo de resíduo industrial. A melhoria no tratamento efluentes industriais é um grande desafio tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, pois busca principalmente por estratégias como a implementação de tecnologias avançadas e a otimização de processos. Com o intuito de aplicar estratégias de melhorias no tratamento dos efluentes provenientes da fabricação de látex de poliisopreno sintético e mitigar a exposição aos riscos pertinentes a esta atividade transformando o resíduo antes incinerado em uma matéria prima de valor agregado, este trabalho apresenta uma análise exploratória de um protótipo de um dosador automático de uma solução de ácido sulfúrico 50% desenvolvido pelos autores que tem por finalidade a remoção do resíduo de látex contido na emulsão através dos processos de flotação e coagulação/flotação. Os resultados obtidos a partir da realização do processo coagulação/flotação foi satisfatório, pois foi possível a recuperação de 95,5% de borracha de isopreno presente no efluente no qual continha inicialmente 3% de látex residual.

Palavras-chave: Resíduo; Processo; Valor agregado; Látex de poliisopreno sintético; Projeto.

1 INTRODUÇÃO

O látex ou látice de borracha natural, caracterizado como um líquido branco e leitoso, é uma emulsão composta por micropartículas poliméricas em meio aquoso e se encontra presente em mais de 200 espécies de plantas sendo que a seringueira (*Hevea brasiliensis*) é a responsável por aproximadamente 99% da produção mundial de

borracha natural. Obtido através do extrativismo vegetal, o látex é uma dispersão coloidal formada por substâncias não-borrachadas, como água, proteínas, lipídios e açúcares e a borracha, micropartículas poliméricas de cis-1,4-isopreno em uma fase aquosa chamada soro. Portanto, o produto, borracha natural é obtido através da coagulação do látex da seringueira. (RIPPEL, 2005).

O látex de poliisopreno sintético, projetado para ser similar ao látex natural em estrutura e propriedades, é um material versátil e amplamente utilizado em uma variedade de setores industriais, pois são isentos de proteínas e enxofre e apresentam excelentes propriedades elastoméricas, proporcionando assim alternativas eficazes e de alta qualidade ao látex natural. (GEYER, 2014).

As indústrias petroquímicas produtoras de látex de poliisopreno sintético que alimentam essa cadeia, geram resíduos tóxicos, havendo, portanto, a necessidade de realizar procedimentos técnicos e apresentar alternativas tecnológicas com o objetivo de diminuir os impactos ambientais causados pelas suas atividades. Assim, a proposta deste trabalho foi a realização de um projeto de melhoria, e a apresentação da técnica utilizada no tratamento dos efluentes, além de avaliar a redução do impacto ambiental, a exposição dos profissionais aos reagentes utilizados e as melhorias estruturais para fins ergonômicos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 POLÍMEROS

Desde a antiguidade já se ouvia falar das aplicações de polímeros naturais, no entanto os polímeros industriais tiveram seu início no século XX e foi descoberto na Inglaterra por Hancock, que descobriu o efeito da “mastigação” da borracha natural, tendo sido patenteada, então, a vulcanização da borracha por meio de enxofre. A indústria de polímeros demorou um certo tempo para estabelecer a sua ciência, somente depois da Segunda Guerra Mundial, acelerou-se tanto a investigação científica quanto o desenvolvimento industrial. (BERNARDO C.A., 1984)

A alta demanda de utilização de plástico fez com que houvesse a necessidade de se estudar os polímeros para então verificar seus processos e aplicações. Os polímeros são macromoléculas constituídas por unidades menores, também chamados de monômeros, que se ligam através de ligações covalentes e são caracterizadas por seu tamanho, estrutura química e interações intra e intermoleculares, tais ligações se repetem regularmente ao longo da cadeia e são denominadas meros. O número de meros da cadeia polimérica é denominado grau de polimerização, sendo geralmente simbolizado por n ou DP (“degree of polymerization”). (MANO, ELOISA B. 2017)

Ainda segundo MANO, ELOISA B. (2017), o látex de poliisopreno sintético oferece pureza, resistência e consistência incomparáveis, o que faz dele uma alternativa ideal à borracha natural, enquanto oferece benefícios aprimorados às suas devidas aplicações. Quanto às suas propriedades, antes do processo de vulcanização são considerados termoplásticos, de propriedades mecânicas fracas e o seu peso molecular está entre 10^4 e 10^6 após o processo de vulcanização ele se torna um material termorrígido, boa resistência mecânica, menor elasticidade e baixa deformação permanente.

Segundo a empresa Cariflex Indústria e Comércio de Produtos Petroquímicos Ltda. (2023), as principais aplicações de látex de poliisopreno sintético são: luvas cirúrgicas, preservativos, protetor de sonda, em adesivos de embalagens de produtos domésticos ou alimentos, pneus, mangueiras, acessórios para máquinas, elásticos, calçados, enfeites, jóias, artefatos para cozinha, entre outras.

A principal fonte de obtenção do isopreno para as indústrias petroquímicas é através da destilação atmosférica do petróleo bruto, onde se obtém a nafta, e após o craqueamento da nafta se obtém o isopreno, entre outros monômeros.

Nas figuras 1 e 2 verifica-se a estrutura química do monômero isopreno e as moléculas de poliisopreno cis e trans, sendo que, através da reação de adição dos monômeros de isopreno se obtém o poliisopreno, Figura 3. O isopreno tem nome científico 2-metil-1,3-butadieno, que consiste num hidrocarboneto alifático, incolor, volátil, com 5 átomos de carbono e duas ligações duplas conjugadas.

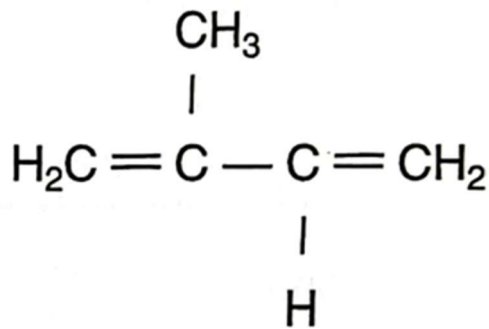


Figura 1: Isopreno. Fonte: (MANO, 2017).

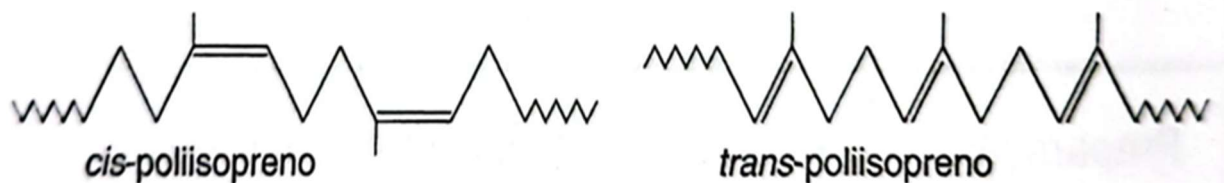


Figura 2: Poliisopreno. Fonte: (MANO, 2017).

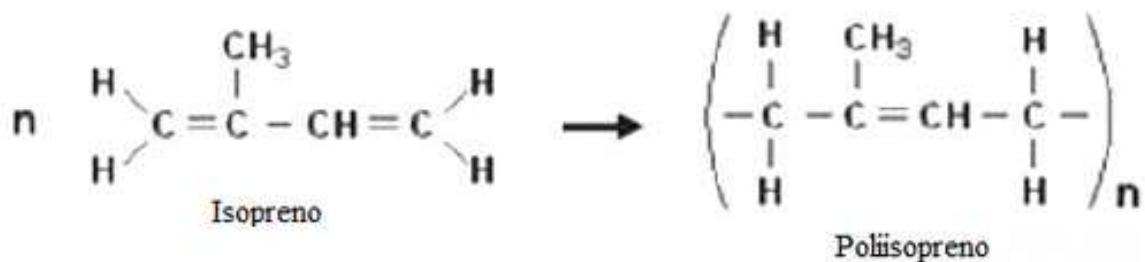


Figura 3: Formação do Látex de Poliisopreno Sintético. Fonte: (Adaptado de TORCHILIN, 2004).

De acordo com BELLETTINI (2007), as micelas são agregados moleculares, possuindo ambas as regiões estruturais hidrofílica e hidrofóbica, que dinamicamente se associam espontaneamente em solução aquosa a partir de certa concentração crítica (CMC), formando grandes agregados moleculares de dimensões coloidais, chamados micelas, conforme Figura 4.

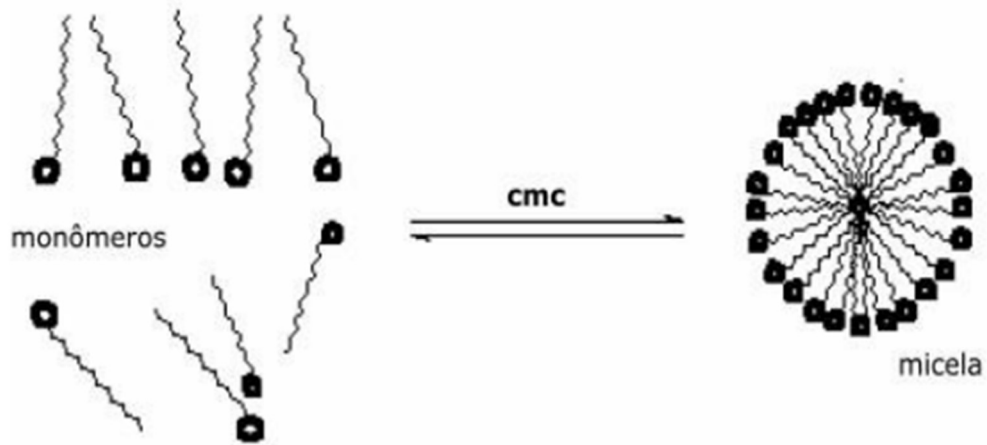
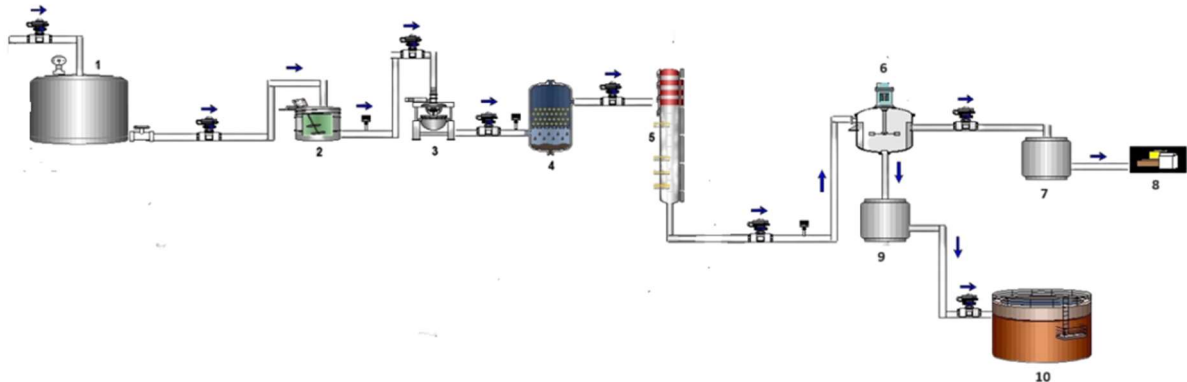


Figura 4: Formação de micelas. Fonte: (Adaptado de TORCHILIN, 2004).

A forma das micelas poliméricas é determinada pelo comprimento relativo dos seus segmentos hidrofílico e hidrofóbico. Quando o segmento hidrofílico é mais longo, as micelas são esféricas. Quando o segmento hidrofóbico é mais longo, as micelas podem ter outras formas, como hastes ou lamelas. De notar que, quanto mais longa é a camada hidrofóbica, maior é o diâmetro da micela e menor é a CMC (GAUCHER *et al.*, 2005). Quando é atingida a CMC os monômeros formam micelas que não alteram a tensão superficial, ao contrário dos monômeros isolados em solução, portanto para a emulsão de látex de poliisopreno sintético permanecer estável é necessário a correção do pH durante o processo entre 10 e 12.

A Figura 5 apresenta o Fluxograma da fabricação do látex poliisopreno sintético.



LEGENDA:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 – ESTOCAGEM DE MATÉRIA PRIMA | 6 – CONCENTRAÇÃO |
| 2 – POLIMERIZAÇÃO | 7 – ESTOCAGEM DO PRODUTO FINAL |
| 3 – TANQUE DE MISTURA | 8 – EMBALAGEM |
| 4 – EMULSIFICAÇÃO | 9 – RESERVATÓRIO DE RESÍDUOS |
| 5 – REMOÇÃO DE SOLVENTE | 10 – PRÉ-ETE |

Figura 5: Fluxograma da fabricação do látex poliisopreno sintético. Fonte: De autoria própria.

O efluente é proveniente da etapa 6 - CONCENTRAÇÃO e direcionado para o tanque 9 - RESERVATÓRIO DE RESÍDUOS e posteriormente para a etapa 10 - PRÉ ETE.

2.2 TRATAMENTO DE EFLUENTES

Os tratamentos de efluentes industriais estão diretamente ligados à preservação ambiental, sendo que estes envolvem a remoção de impurezas geradas na fabricação do produto de interesse de cada indústria (CRESPILHO *et al.*, 2004).

Os processos de tratamento de efluentes antes de serem adotados devem levar em consideração os seguintes fatores: os custos de investimento; a qualidade e a quantidade de resíduo gerado na Estação de Tratamento de Efluente (ETE); a qualidade do efluente tratado; a geração de odor; a segurança operacional; a confiabilidade para o atendimento à legislação ambiental, e também a possibilidade de reuso dos efluentes tratados (GIORDANO, 1999).

Juntamente com a coagulação, a floculação desempenha um papel dominante na cadeia de processos de tratamento de água e efluentes, principalmente na preparação da decantação ou da flotação e, assim, na filtração que se segue. O sucesso dos outros processos depende, portanto, de uma coagulação bem-sucedida (RICHTER, 2009).

Quando um coagulante é adicionado, a força iônica do meio aquoso é modificada para promover a otimização do processo de coagulação, a adição do ácido e/ou uma combinação ácido-cátion neutraliza o protetor aniônico que cobre a membrana. As partículas neutralizadas começam a colidir umas com as outras e também destrói a membrana que permite a livre movimentação das cadeias poliméricas de poliisopreno. Este movimento resulta em ligações em cadeia e agregações que prendem as nanopartículas. A mudança na força iônica pode reduzir a espessura da bicamada elétrica. Isto é o que estabiliza a micela e causa agregação coloidal através do movimento Browniano (OKTRIYEDI *et al.*, 2021).

Sendo assim, os métodos físico-químicos de coagulação e floculação são processos indicados para a desestabilização e agregação das partículas coloidais e finamente divididas, formando flocos maiores e mais densos, permitindo a separação através da utilização de coagulantes. (SCHOENHALS, 2006).

Segundo Medeiros (2019) o processo de coagulação, usado na maioria das estações de tratamento, envolve a aplicação de produtos químicos para a precipitação de compostos em solução e desestabilização de suspensões coloidais de partículas sólidas, que, de outra maneira, não poderiam ser removidas por sedimentação, flotação ou filtração (RICHTER, 2009), no caso em estudo foi utilizado a solução de ácido sulfúrico para promover esse processo.

Após o processo de coagulação/floculação inicia-se o de flotação, que de acordo com (DESOUZA *et al.*, 2003) a flotação é uma técnica de separação de misturas que consiste na introdução de bolhas de ar a uma suspensão de partículas. Com isso, verifica-se que as partículas aderem às bolhas, formando uma espuma que pode ser removida da solução e separando seus componentes de maneira efetiva. O importante nesse processo é que ele representa exatamente o inverso daquele que deveria ocorrer espontaneamente: a sedimentação das partículas. A ocorrência do fenômeno se deve à tensão superficial do meio de dispersão e ao ângulo de contato formado entre as bolhas e as partículas. A tensão superficial é a responsável pela formação das bolhas e pode ser entendida como uma espécie de película que envolve os líquidos.

No que se diz respeito aos processos empregados, sendo inicialmente o de coagulação e sequencialmente o de flotação, são comumente utilizados para o tratamento de água e esgoto, no qual foram adaptados para o tratamento de efluentes oriundos do processo acima citado.

3 METODOLOGIA

O trabalho consiste numa pesquisa bibliográfica, de natureza exploratória, com experimento e validação por meio de protótipo desenvolvido pelos autores, e a partir de bases de dados acadêmicas, livros, revistas científicas nacionais e outras fontes pertinentes para compreender o tema escolhido. A breve revisão da literatura deve por base entender os conceitos-chave.

Para tanto, foi utilizado a referência proposta por Gil (2010), que indica que a análise precisa ser conduzida de forma crítica, identificando possibilidades e pontos em comum sobre o tema.

Segundo Gil (2010), a pesquisa bibliográfica é uma etapa fundamental no processo de pesquisa científica, envolvendo a análise e a interpretação de conhecimentos já existentes na literatura. Ele define a pesquisa bibliográfica como "o levantamento, análise e interpretação das informações já disponíveis em relação ao tema de estudo, de modo a fornecer o panorama atualizado daquilo que já se conhece sobre determinado assunto" (GIL, 2010, p. 43).

As considerações de Markoni e Lakatos (2017) mostram que uma pesquisa exploratória é um tipo de investigação que tem como objetivo principal proporcionar maior familiaridade com um determinado fenômeno ou área de estudo ainda pouco conhecida, complexa ou não totalmente compreendida. Esse tipo de pesquisa busca explorar, entender e esclarecer conceitos, ideias, variáveis e relações, muitas vezes servindo como uma etapa inicial para estudos mais aprofundados.

A partir das pesquisas realizadas de acordo com cenário encontrado e buscando a melhoria contínua do processo, o desenvolvimento do protótipo de um dosador automático para reagentes tem como objetivo melhorar a confiabilidade da tarefa de dispensação desses materiais. O dispositivo é composto por um reservatório de reagente, uma bomba, um sensor de vazão e um microcontrolador Arduino.

A lógica de programação desenvolvida no Arduino é responsável por controlar a vazão do reagente dispensado. O sensor de vazão envia um sinal ao microcontrolador, que calcula a quantidade de reagente dispensado e envia o sinal de parada da bomba assim que o valor previamente selecionado seja atingido, garantindo a dispensação de uma quantidade constante de material.

Os resultados apresentados vão ao encontro daquilo que Gil (2010) exemplifica, ao postular que é nessa fase que os dados coletados e analisados durante a pesquisa são apresentados, interpretados e discutidos de maneira organizada e clara. A apresentação de resultados tem como objetivo principal comunicar as conclusões obtidas a partir da análise dos dados, além de oferecer uma resposta aos objetivos e hipóteses da pesquisa.

4 RESULTADOS

4.1 PROCESSO

Os efluentes líquidos aquosos contendo aproximadamente 3% de látex são pré-tratados, sendo totalmente isento de borracha, evitando que os mesmos sigam para a ETE, onde pode ocorrer danos nas tubulações, equipamentos e impedir a ação dos microrganismos se o pH estiver fora da faixa de controle. Utilizando os processos de flotação e coagulação/floculação é possível converter o resíduo de látex contido na emulsão em borracha de isopreno, nesse processo será utilizado o dosador automático proposto a seguir.

No processo existente, o efluente é transferido para o tanque de flotação de aproximadamente 6000 L, onde é adicionado 2 L de Solução de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) 50%. Em virtude dessa adição, ocorre a coagulação, que é o processo de desestabilização de partículas por neutralização da carga, e depois de neutralizadas, as

partículas não mais se repelem e podem ser unidas. A coagulação é necessária para a remoção de matéria em suspensão de tamanho coloidal no efluente.

Na sequência, a borracha é recolhida manualmente e depositada em tambores de boca aberta com furos no fundo, onde ficam em descanso e serão devidamente identificados para a futura venda, na área de descanso, a água dos tambores irá escoar para a calha e ficará armazenada em um poço para ser transferida para o tanque de correção de pH.

O efluente tratado é transferido por bombas, passando por filtros para o tanque de correção de pH, com pHmetro instalado no tanque, o pH é corrigido com dosagem de solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) 50%, e o pH desejável é entre 7,0 e 9,0.

Para o teste piloto, foi utilizado 300g de efluente contendo aproximadamente 3% de látex, conforme a Tabela 1, foram realizadas as adições de ácido, pesagem da borracha formada e leitura do pH.

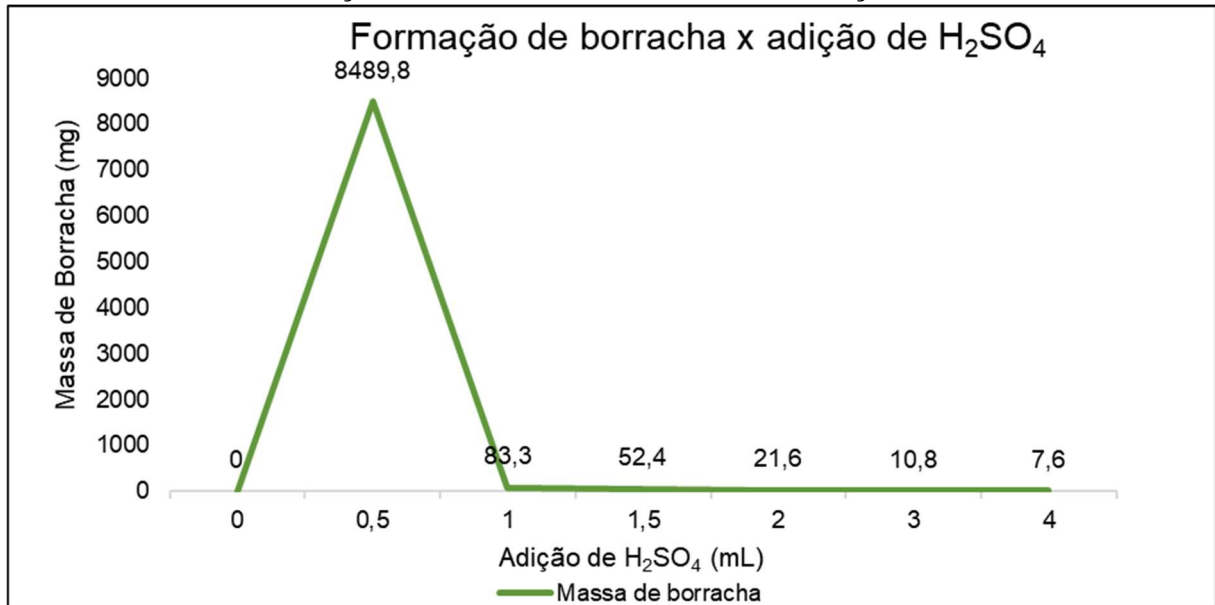
Tabela 1 - Adição de Solução de Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) 50%

Adição de Solução de Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) 50% (mL)	Massa de Borracha (mg)	pH
0,0	0	9,5
0,5	8489,8	2,6
1,0	83,3	2,3
1,5	52,4	2,1
2,0	21,6	2,0
3,0	10,8	1,9
4,0	7,6	1,8

Fonte: De autoria própria

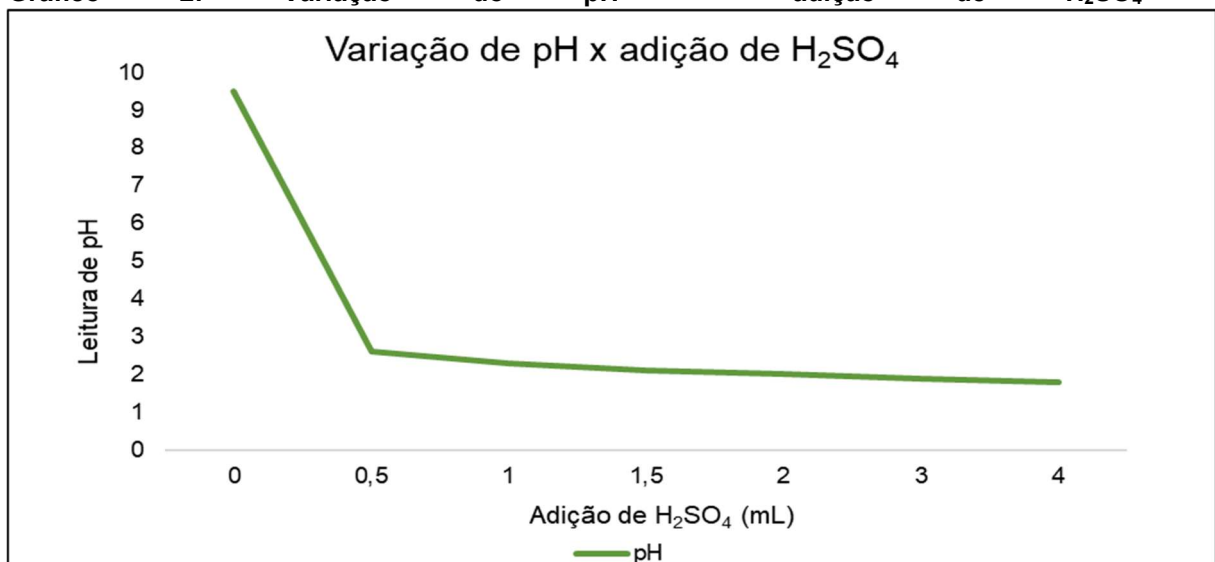
De acordo com a massa inicial utilizada, foi possível determinar a recuperação de 95,5% de borracha presente na solução contendo inicialmente 3% de látex residual. Durante o experimento foi possível verificar material particulado de tamanhos muito pequenos, o que impossibilitou a retirada dos mesmos, havendo a necessidade de um processo de filtração para tal; o mesmo é observado no processo já existente, sendo que após o tratamento o efluente é submetido a um processo de filtração durante a transferência para o tanque de correção de pH e uma nova filtração para envio para a ETE.

Gráfico 1: Formação de borracha x adição de H₂SO₄



Fonte: De autoria própria

Gráfico 2: Variação do pH x adição de H₂SO₄



Fonte: De autoria própria

A partir do momento da reação onde ocorre a quebra da tensão superficial e a desestabilização das micelas favorecendo a formação de maior concentração de borracha, como pode ser verificado nos gráficos 1 e 2, as adições de solução de H₂SO₄ subsequentes não resultam no aumento significativo de recuperação da borracha nem tão menos ocorre alteração significativa no pH, concluindo que a adição em excesso gera desperdício de reagente nesta etapa do processo.

Com base nos resultados obtidos ficou evidenciado que a etapa de dosagem é uma variável importante para recuperação da borracha no resíduo do látex.

Conforme Figura 6, a borracha formada foi coletada em um intervalo de 10 minutos após a adição da solução de H₂SO₄ e para a sua quantificação, a mesma foi submetida a secagem à vácuo para a não degradação do material.

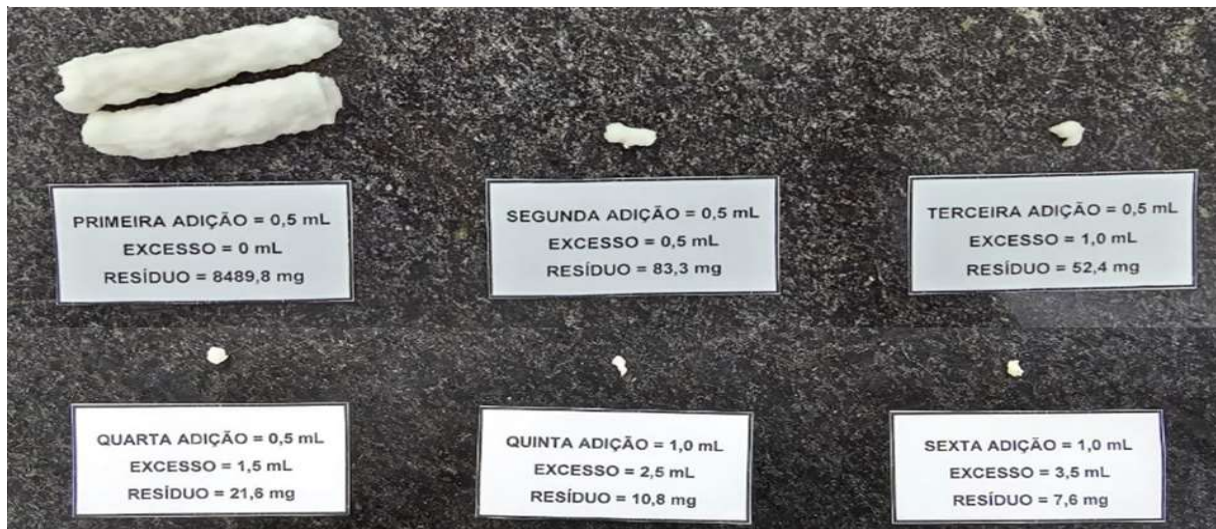


Figura 6: Formação de produto após adição de H₂SO₄. Fonte: De autoria própria.

Utilizar a solução de H₂SO₄ como coagulante não prejudica as propriedades intrínsecas da borracha, por ser um ácido forte proporciona um menor consumo otimizando o processo. Durante os testes de implementação, outros ácidos foram testados, dentre eles o ácido acético que por se tratar de um ácido fraco, demandaria de maior tempo para a desestabilização das micelas e alteração do pH consequentemente gerando maior consumo, o mesmo ocorre com a diluição da solução de H₂SO₄, o ácido clorídrico favorece a degradação da borracha formada e proporcionou uma leve coloração rosa.

4.2 PROTÓTIPO

O protótipo foi testado com diferentes reagentes e apresentou resultados promissores. A vazão do reagente foi controlada com precisão, garantindo a dispensação de uma quantidade constante de material.

Além da precisão, o protótipo também apresenta outros benefícios, como:

- Redução do desperdício de reagentes: O dispositivo permite dispensar a quantidade exata de reagente necessária, evitando o desperdício.
- Aumento da segurança: O protótipo reduz o risco de acidentes, pois dispensa o reagente de forma controlada.
- Simplificação do processo: O dispositivo automatiza o processo de dispensação, tornando-o mais simples e rápido.

A Figura 7 apresenta o protótipo desenvolvido pelos autores.



Figura 7: Protótipo desenvolvido pelos autores. Fonte: De autoria própria.

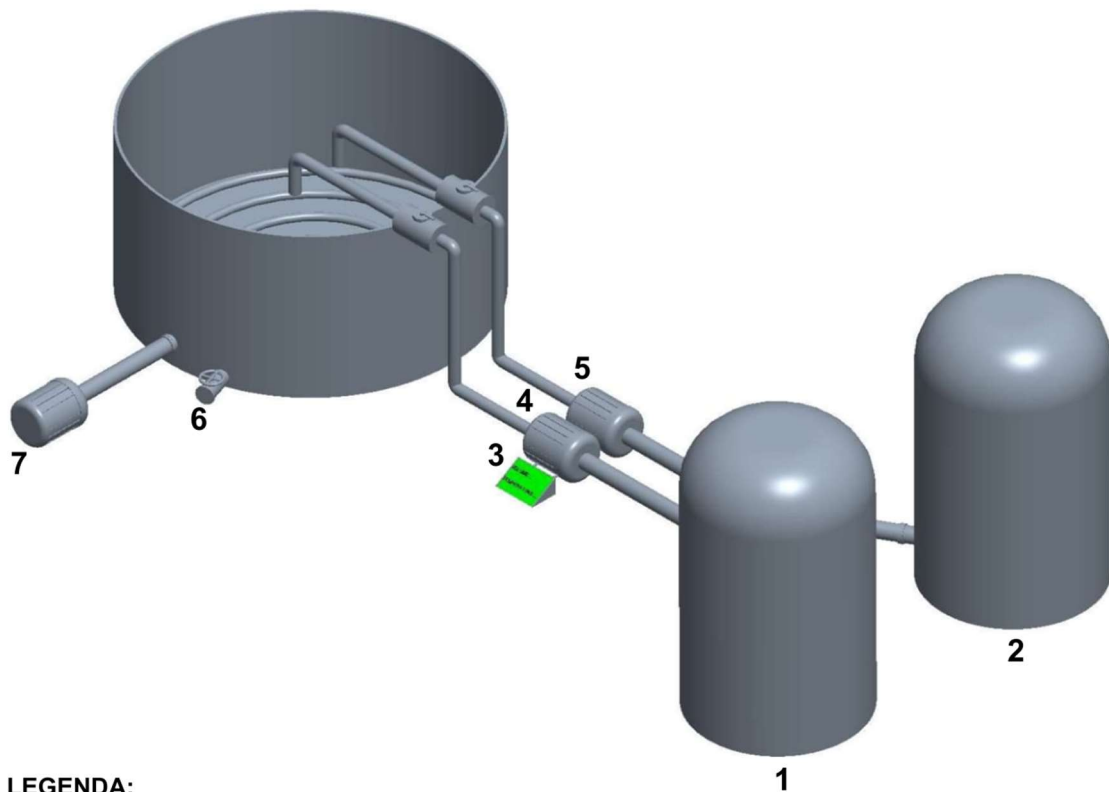
4.3 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS NESTA ATIVIDADE

Riscos identificados e medidas de prevenção na execução do pré-tratamento dos efluentes:

- Queimadura: Projeção de solução de hidróxido de sódio, ácido ou água ácida contra o corpo, mãos, pés, rosto e olhos.
- Contusão e problemas ergonômicos: durante a retirada da borracha coagulada do tanque para tambores, manter a postura adequada, além de garantir que os blocos de borracha não excedam um peso máximo de 15 kg.
- Contusão das mãos: durante a inserção dos blocos de borracha dentro dos tambores de boca aberta.

A utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI) se faz necessário conforme a Norma Regulamentadora nº 6 (NR-06), de acordo com a Portaria SIT nº 787, de 29 de novembro de 2018, é uma norma especial, pois não está vinculada a um setor ou atividade econômica específica e regulamenta a realização de trabalhos com uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), e a Norma Regulamentadora nº 7 (NR-07) que estabelece diretrizes e requisitos para o desenvolvimento do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO nas organizações, com o objetivo de proteger e preservar a saúde de seus colaboradores em relação aos riscos ocupacionais, conforme avaliação de riscos do Programa de Gerenciamento de Risco - PGR da organização.

Conforme mencionado anteriormente há um reservatório de resíduo, onde o efluente é posteriormente enviado para a PRÉ ETE. Na Figura 8 é apresentado o sistema de dosagem automatizado, os reservatórios de resíduo e de solução de H_2SO_4 e o respectivo display para visualizar o processo de dosagem, caso julgue necessário.



LEGENDA:

- 1- ESTOCAGEM DE ÁCIDO SULFÚRICO
- 2- ESTOCAGEM DE EFLUENTE PARA TRATAMENTO
- 3- DISPLAY INDICADOR DE DOSAGEM DE ÁCIDO SULFÚRICO
- 4- BOMBA DE DOSAGEM DE ÁCIDO SULFÚRICO
- 5- BOMBA DE TRANSFERÊNCIA DE EFLUENTE
- 6- ENTRADA DE AR
- 7- SAÍDA DO EFLUENTE PARA POSTERIOR CORREÇÃO DE pH

Figura 8: Sistema de dosagem automática. Fonte: De autoria própria.

4.4 PROCESSO DE AUTOMATIZAÇÃO

4.4.1 Controle e automação: Utilizando o Arduino

A dosagem da solução de H_2SO_4 foi feita por uma bomba dosadora 12V controlada através de um circuito eletrônico programável, utilizando a plataforma Arduino

Os materiais utilizados estão listados a seguir:

- Bomba dosadora peristáltica 12V
- Módulo Relé 1 Canal 5v
- Controlador PWM com display CCM5D
- Display LCD 16x2
- Módulo Serial I2C para Display LCD
- Cabos jumper macho-macho, fêmea-macho e fêmea-fêmea
- Suporte acrílico para Display LCD

Uma vez que a bomba d'água requer uma alimentação superior a 5V, foi preciso fornecer uma fonte de energia externa para ela. Portanto, tornou-se necessário o uso de um módulo relé para efetuar o acionamento da bomba. O módulo foi programado para ser ativado pelo período necessário para a dosagem e desligado logo depois, como mostra a programação na Figura 9.



```

acionamento_da_bomba | Arduino 1.8.19
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

acionamento_da_bomba$
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Biblioteca para controle do Módulo para display I2C
#define rele 8 //Definir qual pino está ligado ao relé

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); //Define o endereço do Módulo I2C

// --- Configurações Iniciais ---

void setup()
{
    pinMode (rele, OUTPUT); //Define pino para relé como saída

    // --- Iniciar display lcd ---
    lcd.begin(16, 2);
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    Serial.begin(9600);
    lcd.createChar(0, customChar);
    lcd.home();
    lcd.write(0);
}

void loop ()
{
    // --- Exibir frase display lcd ---
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Volume: 5L"); //Frase exibida no display

    // --- Acionar relé ---
    digitalWrite (rele, HIGH); //Desliga relé
    delay(10000);
    digitalWrite (rele, LOW); //Liga relé
    delay(10000);
}
    
```

Figura 9: Programação para acionamento da bomba no Arduino. Fonte: De autoria própria.

Na Figura 9, além da programação do relé, o código também compõe o acionamento de um display LCD, que foi utilizado para exibir os dados referentes às variáveis do processo.

5 CONCLUSÃO

Mediante os resultados obtidos durante os testes realizados, evidenciou-se que através do protótipo foi possível o controle preciso do fluido adicionado, e constatado que o mesmo sistema também pode ser implementado na próxima etapa do tratamento do efluente para a dosagem da solução de NaOH 50%, na qual consiste na correção do pH para o envio do efluente à ETE, onde a adição da solução se dá por encerrada quando o pH desejado for obtido.

Conclui-se que o protótipo trará uma economia no consumo de reagentes e na segurança do processo, e com o controle da adição será possível minimizar o consumo de solução na etapa de correção de pH devido às adições sem controle, e caso ocorra algum problema com o pHmetro no tanque de correção, a probabilidade de problemas intercorrentes do envio da água residual para o tratamento final esteja em seus devidos parâmetros é verdadeira, pois houve controle nas adições dos processos anteriores.

REFERÊNCIAS

BELLETTINI, ISMAEL CASAGRANDE. **Caracterização de complexos supramoleculares entre um polication e surfactantes aniônicos em soluções aquosas diluídas**. Florianópolis, fevereiro de 2007. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM Departamento de Química. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105049/Ismael_G_Bellettini.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 19 abr. 2023.

CARIFLEX INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS PETROQUÍMICOS LTDA. **Látex de Borracha de Isopreno - Aplicações**. Disponível em: <https://www.cariflex.com/pt/ourBusiness/irl.do>. Acesso em 05 abr. 2023.

CRESPILHO, F.N; SANTANA, C.G; REZENDE, M.O. **O tratamento de efluente da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação**. Química Nova, São Paulo, v.27, n.1, p.2-5, 2004.

DESOUSA, S.R.; OLIVEIRA, K.F.; SOUZA, C.S.; KILIKIAN, B.V.; LALUCE, C. **Yeast flotation viewed as the result of the interplay of supernatant composition and cell-wall hydrophobicity**. *Colloid and Surfaces B: Biointerfaces*, v. 29, p. 309-319, 2003

GAUCHER, G. et al. **Block copolymer micelles: preparation, characterization and application in drug delivery**. *Journal of Controlled Release*, v. 109, n. 1-3, 2005.

GEYER, A. B. **Avaliação e caracterização de preservativos masculinos de poliisopreno sintético**. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

GIL, A. C. (2010). **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª ed.. SP: Atlas. 2010.

GIORDANO, Gandhi. **Avaliação ambiental de um balneário e estudo de alternativa para controle da poluição utilizando o processo eletrolítico para o tratamento de esgoto**. 1999. 137 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências Ambiental – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1999.

GOV. **Norma Regulamentadora nº 6 (NR-06)**. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-6-nr-6>. Acesso em: 12 mai. 2023.

GOV. **Norma Regulamentadora nº 7 (NR-07)**. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-7-nr-7>. Acesso em: 12 mai. 2023.

MANO, E. B.; MENDES, L. C. **Introdução a polímeros**. - 2. ed. rev. e ampl. 6ª reimpressão - São Paulo: Edgard Blucher, 2015. cap. 3. p.5

MARKONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8ª ed). SP: Atlas.. 2017.

MEDEIROS, Graziela de Lourdes. **Avaliação do sistema de abastecimento de água da cidade de Estrela do Sul**. Disponível em: <http://repositorio.fucamp.com.br/jspui/handle/FUCAMP/507>. Acesso em: 04 jun. 2023

MINATTI, E. **Interação entre polímeros e surfactantes**. Dissertação (Mestrado em Química Aplicada) — Instituto de Química, Universidade de Rio de Janeiro, Fluminense, 2003.

OKTRIYEDI, Ferly et al. **Impact of latex coagulant various from rubber industry in South Sumatera**. Disponível em: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/2344/1/020001/748936/Impact-of-latex-coagulant-various-from-rubber?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em 08 dez. 2023.

POUZADA A.S.; BERNARDO C.A., **Introdução à Engenharia de Polímeros** - Universidade do Minho, Braga, 1983 - 2002, Pure Appl. Chem., Volume 74. 2002.

CRQ. **Tecnologia de Materiais Poliméricos. Minicurso CRQ-IV-2011**. Disponível em: https://www.crq4.org.br/sms/files/file/apostila_pol%C3%ADmeros_campinas_site.pdf. Acesso em: 12 mai. 2023.

RICHTER, C.A. **Água: Métodos e tecnologia de tratamento de água**. São Paulo: Blucher, 2009.

RIPPEL, M.M. **Caracterização Microestrutural de Filmes e Partículas de Látex de Borracha Natural**. Tese. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Química. Campinas, 2005.

STRAUB, Matheus Gebert. **Projeto Arduino Bebedouro Automático**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/projeto-arduino-bebedouro-automatico/>. Acesso em: 14 de out. 2023.

STA ELETRÔNICA. **Como utilizar o módulo relé com arduino**. Disponível em: <https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/arduinos/como-utilizar-o-modulo-rele-com-arduino>. Acesso em 14 de out. 2023.

SCHOENHALS, M; SENA, R.F; JOSÉ, H.J. **Avaliação da Eficiência do Processo de Flotação Aplicado ao Tratamento Primário de Efluentes de Abatedouro Avícola**, v.3, n. 1989, p. 5-24, 2006.

TORCHILIN, V. P. **Targeted polymeric micelles for delivery of poorly soluble drugs**. **Cellular and Molecular Life Sciences**. *Cellular and Molecular Life Sciences*, v. 61, n. 19-20, 2004.