

Alunos: Gustavo Bianchini - gubianchini2@gmail.com; Guilherme Vicentini - guibsv@gmail.com; Paula Fregonezi - fregonezi.paula@gmail.com; Sabrina Noce - sabrinanoce6@gmail.com.

Orientador: Luis Fernando Peffi Ferreira - lpeffi@fei.edu.br



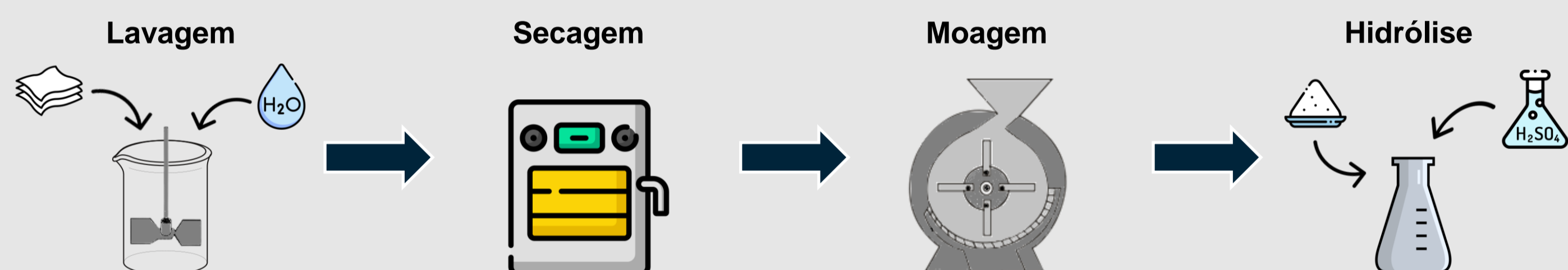
INTRODUÇÃO

A dependência da demanda de açúcar no mercado brasileiro é marcada por picos do valor do etanol, desencadeando aumento de custo em toda a cadeia de suprimentos do país. Uma das alternativas para aumentar a produção de etanol é sua obtenção a partir de matéria-prima lignocelulósica, denominado etanol de segunda geração. Em 2020, a média de consumo de papéis sanitários per capita por ano foi de 6,5 kg, no total (QUINTINO, F. 2019 e MORITA, AI, 2021), 713,8 mil toneladas de papéis sanitários foram descartadas em aterros sanitários sem aproveitamento neste ano (BOAS, P. V., 2020). O objetivo deste projeto é definir as melhores condições para o processamento dessa matéria-prima e a produção de uma solução de glicose fermentável usando este tipo de papel.

METODOLOGIA

Foram feitas diversas hidrólises do papel em ácido sulfúrico, em cenários diversos variando as condições de temperatura, concentração de ácido e tempo. Para otimização dos ensaios realizados foi feito um planejamento experimental 2^3 variando a temperatura em 97° e 120°, a concentração de ácido sulfúrico em 0,25 molar e 1 molar e o tempo de ensaio em 1,5h e 2,5h.

Os ensaios foram feitos a partir da lavagem do papel, onde se misturou este com água com auxílio de um agitador mecânico até formação de uma polpa, esta foi seca em estufa com recirculação de ar, o papel obtido foi moído em um moinho de facas e então procedeu-se com a hidrólise ácida, utilizando a proporção de 10 g de papel para 100 ml de ácido.



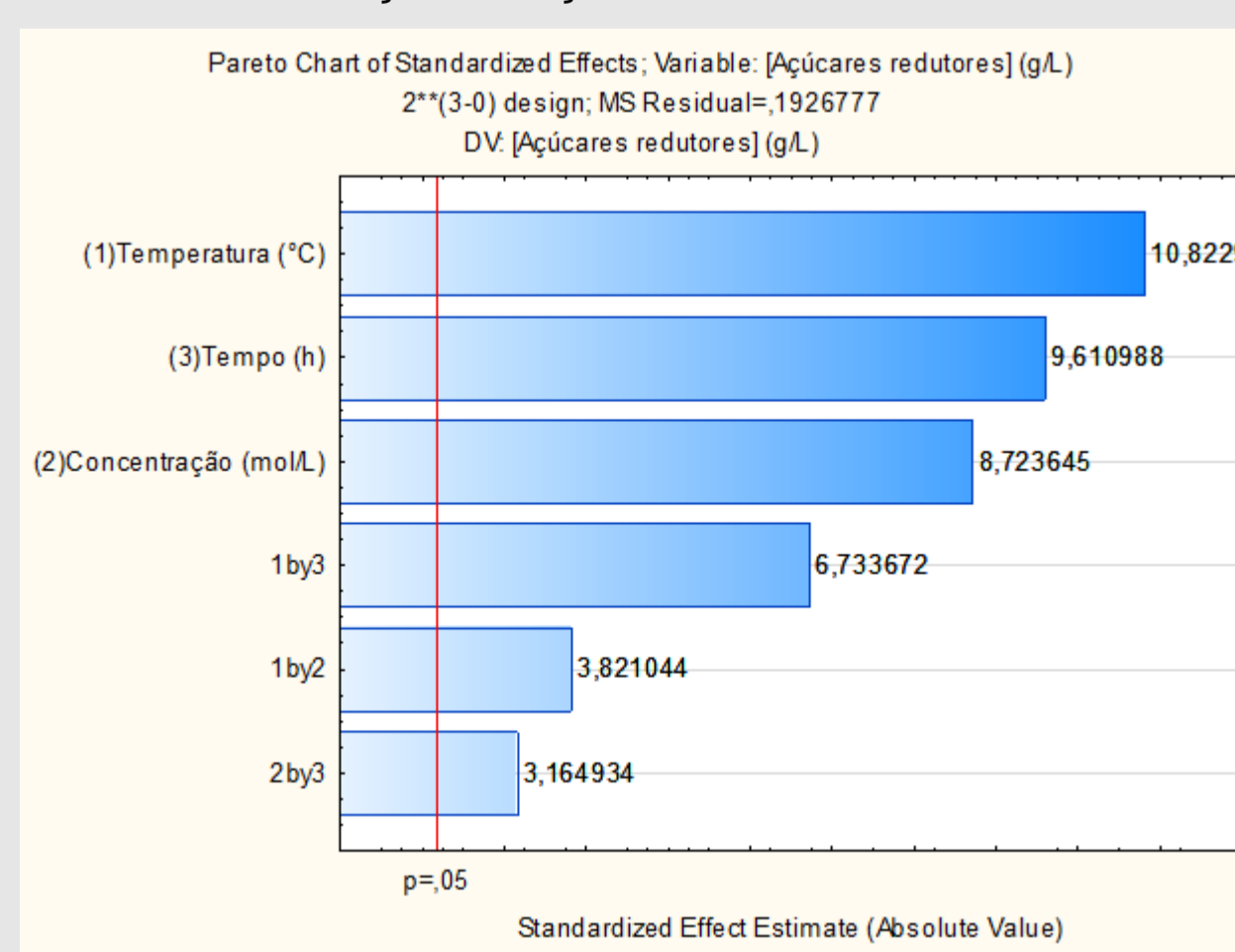
Com os resultados obtidos a partir dos métodos DNS e GOD-POD definiu-se os 3 melhores ensaios e com estes foram realizados testes contaminando o papel com uma sujeira padrão composta principalmente por óleos, gorduras e açúcares em proporções mássicas de 0 a 5% e seguindo o procedimento antes estabelecido, afim de analisar o impacto que as sujidades teriam na hidrólise. Também foi realizado uma triplicata com a melhor condição obtida, com papel limpo, para analisar a formação de hidroximetilfurfural, utilizando o método de análise com UV-Vis, e como este poderia atrapalhar a formação de açúcares redutores e glicose.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaios Limpos

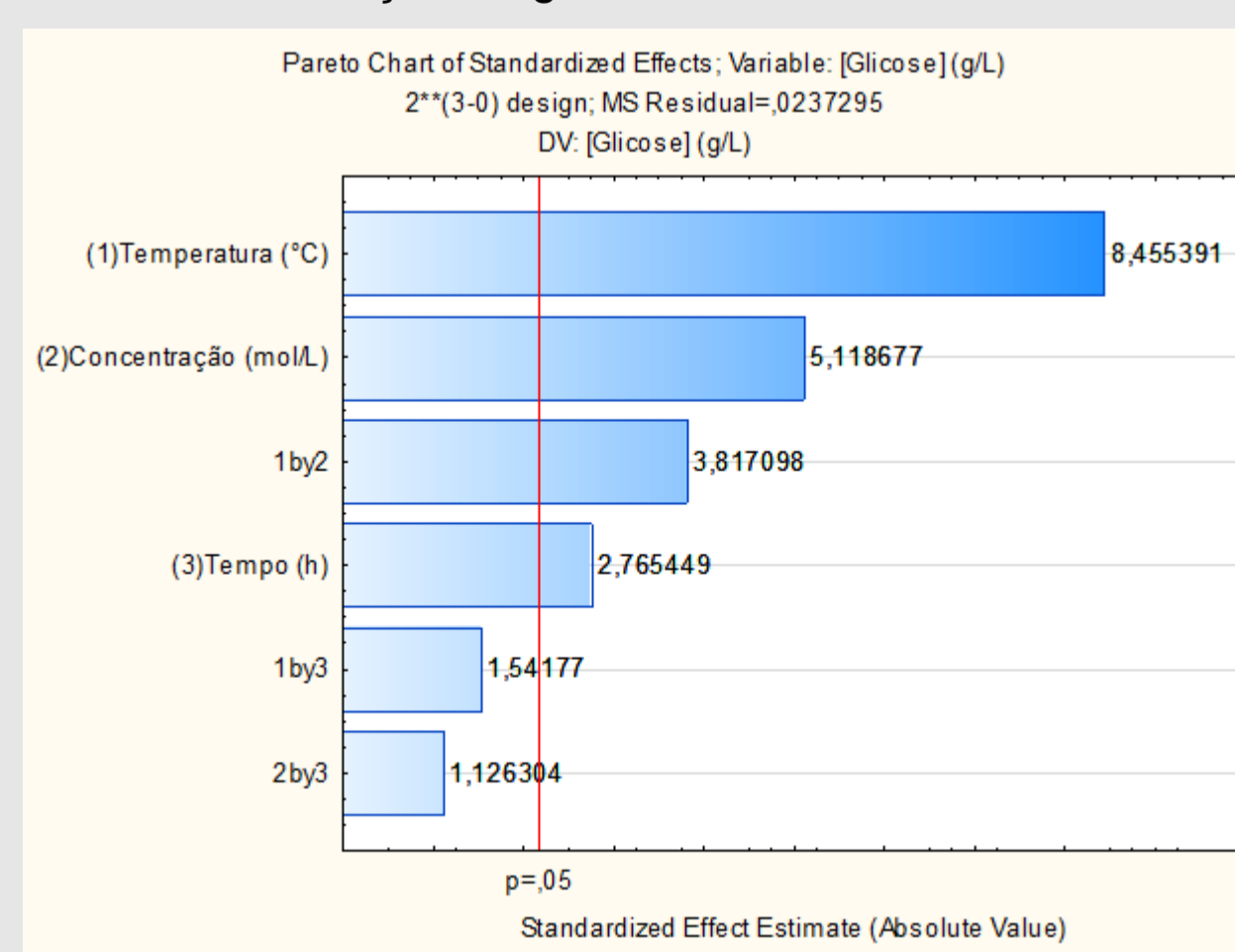
Os ensaios realizados com papel limpo mostram que a produção de carboidratos é maximizada nas condições mais extremas, como mostrado nas figuras 14 e 18 geradas a partir do software estatístico Statistica, onde a produção de açúcares redutores é mais afetada pelo aumento da temperatura e do tempo e a produção de glicose pelo aumento da temperatura e concentração do ácido.

Figura 14 - Gráfico de Pareto para determinação da influência dos parâmetros de condição reacional para análise de formação de açúcares redutores



Fonte: Autores

Figura 18 - Gráfico de Pareto para determinação da influência dos parâmetros de condição reacional para análise de formação de glicose

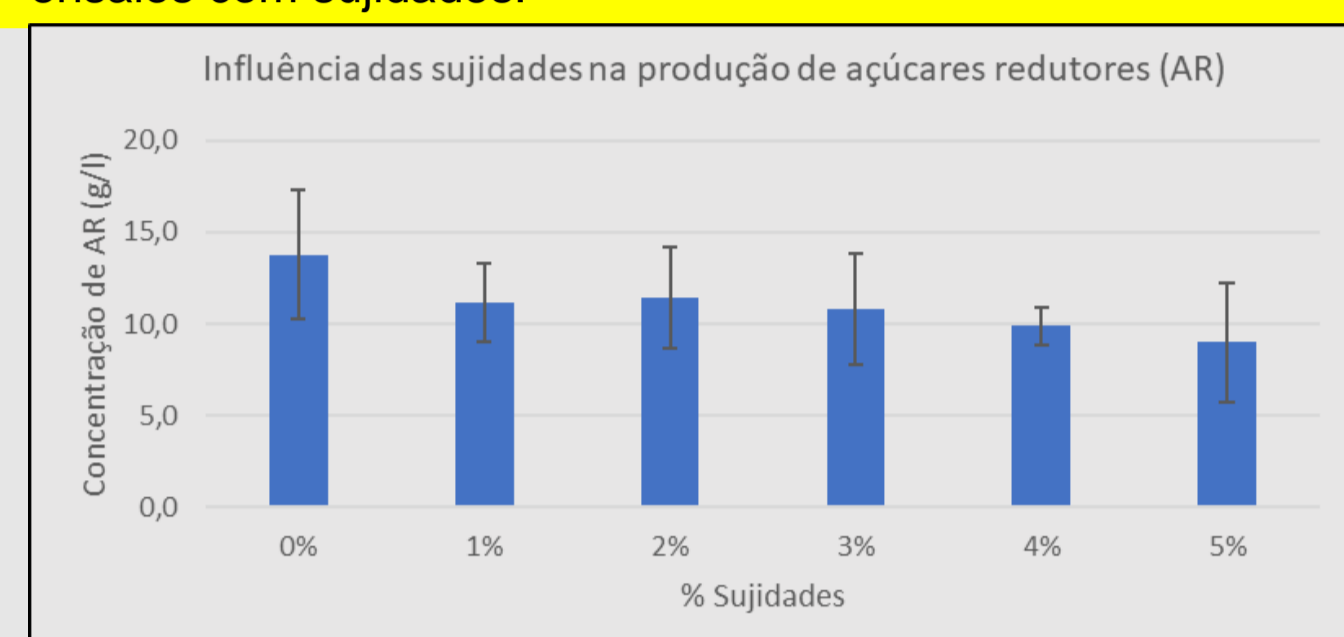


Fonte: Autores

Influência das Sujidades

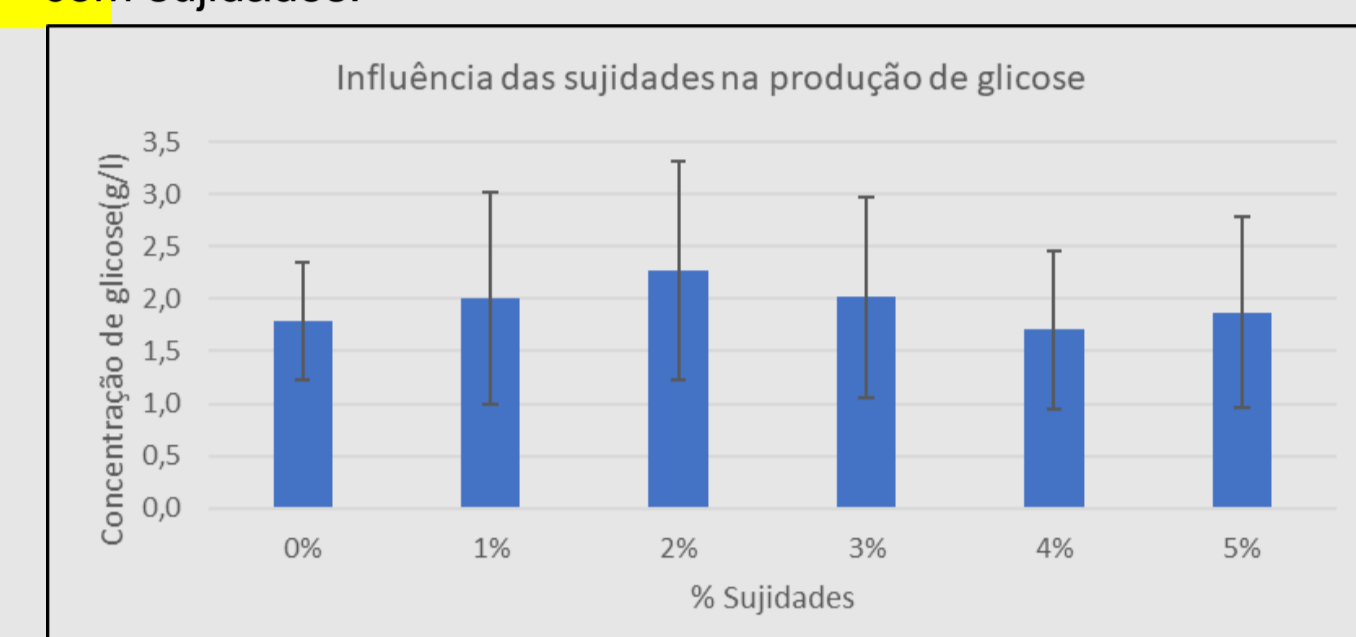
Os ensaios com sujidades em peso mássico de 0 a 5% para os 3 melhores ensaios realizados resultaram em uma grande gama de variação, por isso realizamos a construção de gráficos de barras com desvio padrão e analisamos os conjuntos de dados a partir destes, mostrados nas figuras 23 e 24.

Figura 23 - Gráfico de barras com desvio padrão para a média das concentrações de açúcares redutores obtidas nos ensaios com sujidades.



Fonte: Autores

Figura 24 - Gráfico de barras com desvio padrão para a média das concentrações de glicose obtidas nos ensaios com sujidades.



Fonte: Autores

A geração de açúcares redutores foi prejudicada conforme aumentou-se a concentração de sujidades nas amostras, enquanto a produção de glicose se manteve razoavelmente estável, com um pequeno acréscimo na produção de glicose com 2% em massa de sujidades no papel.

Hidroximetilfurfural (HMF)

A partir da triplicata da melhor condição de ensaio obtivemos os seguintes resultados disponibilizados na tabela Y:

Tabela 11 - Concentrações de açúcares redutores, glicose e HMF das amostras de estudo

Ensaio	Replicata	DNS	GOD-POD	HMF
		Concentração de açúcares redutores (g/L)	Concentração de glicose (g/L)	Concentração de Hidroximetilfurfural (mmol/L)
Ensaio 8	1	15,293	1,815	0,842
	2	17,917	2,532	0,725
	3	16,714	2,490	0,861

Fonte: Autores

Analisando os resultados obtidos podemos ver que não há relação clara que prove que a produção de HMF possa atrapalhar a produção de açúcares redutores e/ou glicose, visto por exemplo a terceira replicata que apresenta alta produção de açúcares e a maior concentração de HMF das amostras de estudo. Considerando o pior cenário obtido, a realização de uma futura fermentação iria requerer a concentração da solução obtida em cerca de 119 vezes, atingindo valor de 20° BRIX, concentração ideal de glicose para fermentação (LIMA, 2019, p. 44), e desta forma a concentração de HMF poderia ser de até 12,63 g/L, atrapalhando assim a fermentação alcoólica, prejudicada caso a concentração de HMF exceda 1g/L (HSU et al, 2010).

CONCLUSÃO

Das análises quantitativas e estatística realizadas para determinação das melhores condições para hidrólise ácida, observou-se melhores resultados nas condições mais extremas, isto é, temperaturas mais altas, maior concentração de ácido e tempo de ensaio mais longo.

A partir das análises feitas para papéis contaminados com sujidade, notou-se que o aumento de sujidades diminui a formação de açúcares redutores; porém, a concentração de glicose se manteve relativamente estável entre os ensaios, com um breve acréscimo para as amostras com sujidades em 2% em massa. Os resultados obtidos mostram que caso se deseje chegar em uma concentração ideal de fermentação se faz necessário a concentração da solução obtida, desta forma o HMF presente nas amostras pode também ser concentrado excedendo o limite aceitável e necessitando ser neutralizado com a utilização de carvão ativado.

REFERÊNCIAS

- [1] Consumo Per Capita de Papel Tissue no Brasil - Felipe Quintino. Direção de Felipe Quintino, Tissue Online. Youtube: 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KvU5S0r>>. Acesso em 06 abril 2022.>. Acesso em 06/04/2022.
- [2] MORITA, Alessandra. Mercado de tissue crescerá ancorado em itens mais rentáveis. SA Varejo Blog, 26 de abril de 2021. Disponível em: <<https://www.savarejo.com.br/detalhe/reportagens/mercado-de-tissue-crescera-ancorado-em-itens-mais-rentaveis>>. Acesso em 07 de abril 2022.
- [3] BOAS, Pedro Vilas. Indicadores de papéis tissue. Revista O Papel, v.81, n. 9, p. 27-30, setembro de 2020. Disponível em: <http://www.revistaopapel.org.br/edicoes_impresas/170.pdf>. Acesso em 20 mar. 2022.
- [4] HSU, Teng-Chieh; GUO, Gia-Luen; CHEN, Wen-Hua; HWANG, Wen-Song. Effect of dilute acid pretreatment of rice straw on structural properties and enzymatic hydrolysis. 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.009>>. Acesso em 05 jul. 2022
- [5] LIMA, Urgel. Biotecnologia Industrial Volume 3: Processos Fermentativos e Enzimáticos. 2. ed. São Paulo. Blucher, 2019.