

PENEIRAMENTO E MOAGEM DO MILHO DE PIPOCA (*Zea mays L.*)

EPIFÂNIO, G. SILVA, B. NASCIMENTO, T. REETZ, H. NASCIMENTO, J.

Universidade Federal do Pampa, Curso de Engenharia Química

E-mail: gabrielepifanio.aluno@unipampa.edu.br

bibianasilva.aluno@unipampa.edu.br

talesnascimento.aluno@unipampa.edu.br

hingridreetz.aluno@unipampa.edu.br

jadernascimento.aluno@unipampa.edu.br

RESUMO – Na indústria é importante a classificação das partículas para algumas operações unitárias. Este experimento foi desenvolvido para determinar, através de peneiramento, o diâmetro médio sauter das amostras de milho de pipoca in natura e pipoca moída, e através de dados coletados na moagem, calcular as constantes de moagem pelas Leis de Kick, Rittinger e Bond. O método constitui-se nos seguintes passos: pesagem da amostra, peneiramento da amostra, moagem da amostra e peneiramento da amostra após moagem. Os resultados deste experimento demonstram a importância da combinação das técnicas de moagem e peneiramento para a caracterização de partículas.

Palavras-chave: milho; moagem; peneiramento; sólidos particulados.

INTRODUÇÃO

Tem-se que as operações unitárias podem ser consideradas blocos individuais que são componentes de um processamento desde sua origem até o final do produto, tendo uma matéria-prima inicial. O setor da produção comumente carece da separação de materiais devido ao tamanho e as técnicas para obter isso se baseiam em certas diferenças físicas entre partículas, como sua densidade, formato e tamanho. Em relação ao peneiramento, é um método analítico muito utilizado e que separa os materiais apenas conforme seu tamanho, sendo esse um método simples e prático. Como processo, este tem que os sólidos ao serem colocados em uma superfície para determinar seu tamanho, a seguir as partículas

menores/ mais finas, passam por aberturas na peneira enquanto as maiores ficam contidas. Esse processo tem como maior objetivo dividir o material em frações homogêneas e/ou obter partículas com mesmo tamanho. No entanto, é difícil conseguir os dois objetivos simultaneamente. (Earle, 2004).

Como às vezes é necessário não só separar os sólidos mas reduzi-los, se tem a carência de um outro processo, no caso a moagem.

Quando é necessário diminuir o tamanho de uma partícula é feito o processo de moagem, essa redução de tamanho é obtida com a aplicação de forças de impacto como também a abrasão e a compressão.

Para tal situação é fundamental ter conhecimento de qual dimensão da partícula

será medida e para isso deve-se conhecer o tamanho do material que será utilizado no processo para ser possível determinar a distribuição do tamanho das partículas, como na esfera em que o único valor necessário será o do diâmetro, a maior dificuldade se dá quando se tem partículas com formatos irregulares onde se deve medir mais de uma medida. É comum que para se ter apenas um valor para essas partículas se use um valor de uma esfera equivalente. Dependendo do que é medido (maior ou menor comprimento, volume, massa, área projetada, velocidade de sedimentação, etc.) o diâmetro desta esfera equivalente apresenta valores diferentes. (Allen, 2001). Algumas vantagens podem ser consideradas para esse processo, terá uma uniformidade em relação ao tamanho das partículas do seu produto o que permite uma homogeneidade do produto tanto em pó como na solubilização do mesmo, como também permite um aumento superficial/ volume e com isso aumentando a eficiência para posteriores operações tanto de resfriamento como de desidratação, aquecimento, extração e outros (Brennan, 2006).

Materiais e Métodos

Por questões didáticas este experimento foi dividido em três partes, a primeira parte é o peneiramento do grão de milho inteiro, a segunda parte moagem do grão de milho e a terceira parte é o peneiramento do grão de milho moído.

Os materiais utilizados neste experimento foram:

- Beckers;
- Grão de milho para pipoca;
- Balança semianalítica;
- Peneiras do tipo Tyler de numeração: 14, 4,6,9,12,16,32,60, 115 e fundo;
- Pincel;
- Bandeja grande de plástico;
- Moinho de facas;
- Agitador eletromagnético.

Antes de começar o processo de peneiramento em si, foram pesados o fundo e

todas as peneiras que seriam utilizadas no experimento em balança semianalítica.

Posteriormente, foi dado início a primeira parte do experimento que começou com a pesagem de 200, 15g de grão de milho inteiro em um becker e selecionamos peneiras do tipo Tyler de número 6, 9, 12, 16, 32 e 60. O jogo de peneiras escolhido foi montado e a quantidade pesada de grão de milho foi adicionada às peneiras que por fim, foram colocadas em um agitador eletromagnético por 10 minutos.

Imagem 1 - peneiras Tyler de número 6, 9, 12, 16, 32 e 60 no agitador eletromagnético.



Fonte: AUTORES (2022).

Após o tempo decorrido, as peneiras foram retiradas do agitador eletromagnético e foi observado que toda a quantidade de grão de milho ficou retida na primeira peneira, de número 6, enquanto as outras estavam vazias. Mas, para determinar as curvas de análise granulométrica diferencial e acumulada e estimar um diâmetro médio para as partículas é necessário que as peneiras do meio estejam com fração de massa retidas e não apenas a primeira peneira, como aconteceu. Pensando nisso, o experimento foi refeito, com massa

aproximada de grão de milho inteiro, mas com mudança no número das peneiras Tyler.

Para esta nova tentativa, foram utilizadas peneiras de número 1/4, 4 e 6. E após a montagem do jogo de peneiras foram adicionadas 199,98g de grão de milho inteiro, que foram pesadas novamente, e depois novamente foram levadas ao agitador eletromagnético por 10 minutos.

Imagem 2 - peneiras Tyler de número 1/4, 4 e 6 no agitador eletromagnético.



Fonte: AUTORES (2022).

Passados os 10 minutos, as peneiras foram retiradas do agitador eletromagnético e de início já se observou o sucesso do peneiramento, visto que havia fração de massa retidas em todas as peneiras dessa vez. Então, as 3 peneiras utilizadas e o fundo foram pesadas em balança analítica, obtendo-se assim a massa das peneiras com a massa retidas nelas.

Na segunda parte do experimento foi realizado o processo de moagem. E a quantidade de partícula pesada na primeira parte é colocada no moinho de facas durante 60s. Durante o processo de moagem, é necessário muita atenção dos operadores porque enquanto a moagem era realizada pelo

equipamento também era medida a intensidade de corrente elétrica do mesmo, com um amperímetro, e essa aferição da amperagem era realizada a cada 5s por 60s, ou seja, durante o tempo da moagem.

Imagem 3 - Moagem do grão de milho no moinho de facas.



Fonte: AUTORES (2022).

Após a moagem, o produto é retirado do moinho de facas com a ajuda de um grande recipiente de plástico, que é colocado em baixo para que não se perca massa, e com o auxílio de um pincel é retirado todo o milho moído de dentro do moinho. Pesamos um becker na balança semianalítica, 158,74g, e toda a massa de milho moído é colocada dentro do becker e pesado novamente, 343,73g.

Na terceira parte do experimento o milho moído pesado é colocado em peneiras Tyler, números 9, 12, 16, 32, 60 e 115, que são montadas e colocadas no agitador eletromagnético por 10 minutos, após esse tempo, as peneiras são retiradas do agitador eletromagnético e pesadas uma a uma novamente.

Portanto, com todo esse procedimento realizado foram coletados dados de massa retida em cada uma das peneiras, tanto do grão de milho inteiro quanto do grão de milho moído, lembrando que cada uma das peneiras Tyler tem um número que corresponde a um

diâmetro. Na moagem, os dados coletados foram os de intensidade de corrente elétrica porque a voltagem é constante, no caso, 220V.

Metodologia de Cálculo

Com base nos diâmetros das peneiras e na fração mássica retida em cada uma delas podemos calcular o diâmetro médio das partículas, tanto para o milho inteiro como para o milho moído, através do diâmetro médio de Sauter que é representada pela Equação 1.

$$dp_{Sauter} = 1 / \sum xi/Di \quad (1)$$

Onde, $\sum xi/Di$ corresponde ao somatório das frações mássicas retidas em cada diâmetro médio da peneira, a dp_{Sauter} terá a mesma unidade de medida do diâmetro, ou seja, milímetro(mm).

Com os dados obtidos durante o processo de moagem, intensidade de corrente elétrica e voltagem, é calculado potência como na Equação 2.

$$P = I . V \quad (2)$$

A potência é representada pela letra P e é medida em Watts(W), I é a intensidade da corrente elétrica é medida em amperes(A) a letra V é a voltagem medida em Volts(V).

Depois de calculada a potência será possível calcular a energia, através da energia aqui calculada será possível calcular as constantes de moagem. A energia está expressa na Equação 3, onde isolamos o E para calcular energia.

$$P = E / t \quad (3)$$

A energia representada pela letra E, medida em joules(J), será a razão da potência(W) pelo tempo em segundos(s).

Com todos os dados já obtidos pode-se calcular as constantes de moagem pelas Leis de Kick, de Rittinger e Lei de Bond, que estão expressas a seguir nas Equações 4,5 e 6, respectivamente.

$$E = Kk . C . \ln(D1/D2) \quad (4)$$

$$E = Kr . C . (1/D2 - 1/D1) \quad (5)$$

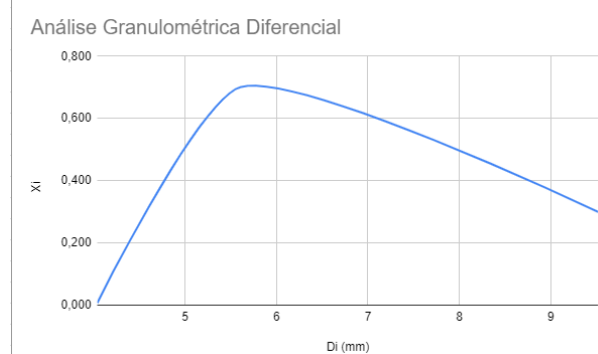
$$E = Kb . C . (1/\sqrt{D2} - 1/\sqrt{D1}) \quad (6)$$

Onde, é a energia(J), C é a capacidade de alimentação do moinho(ton/h), D1 é o diâmetro da massa alimentada(mm) e D2 é o diâmetro do produto(mm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

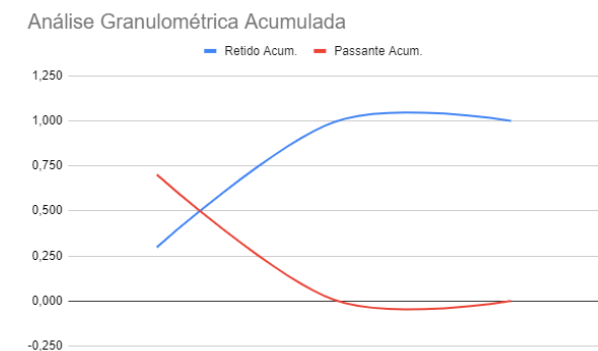
Nas imagens a seguir, temos determinadas as curvas de análise granulométrica diferencial e acumulada.

Imagem 4 - Análise Granulométrica Diferencial do milho inteiro



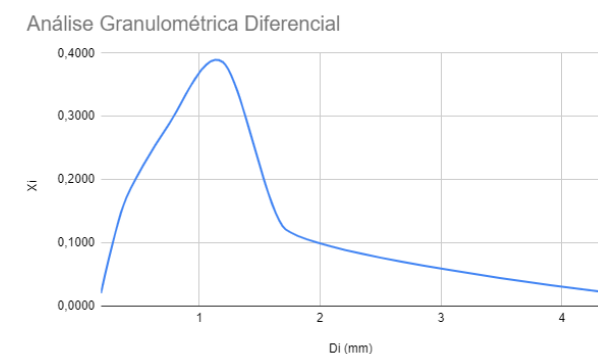
Fonte: AUTORES (2022)

Imagem 5 - Análise Granulométrica Acumulada do milho inteiro



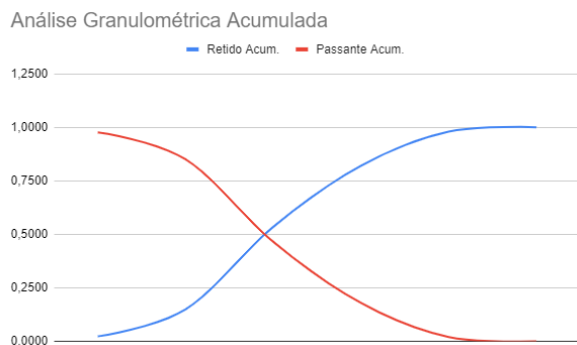
Fonte: AUTORES (2022)

Imagem 6 - Análise Granulométrica Diferencial do milho moído



Fonte: AUTORES (2022)

Imagem 7 - Análise Granulométrica Acumulada do milho moído



Fonte: AUTORES (2022)

Através delas, podemos ver que o acúmulo retido e passante tem uma diferença após a moagem do grão de milho e que a curva característica diferencial é afetada pelo diâmetro dos grãos.

As tabelas abaixo mostram determinados diâmetros médio de Sauter.

Tabela 1 - Diâmetros médio de Sauter do milho inteiro

Xi	Xi/di
0,299	0,030
0,694	0,120
0,007	0,002
Total	0,152
dpSauter (mm) =	6,579

Fonte: AUTORES (2022)

Tabela 1 - Diâmetros médio de Sauter do milho moído

Xi	Xi/di
0,0228	0,0053
0,1264	0,0748
0,3860	0,3233
0,2859	0,3848
0,1591	0,4277
0,0206	0,1110
0,0004	-
Total	1,3268
dpSauter (mm) =	0,754

Fonte: AUTORES (2022)

$K_r=57.251,46$ e pela lei de Bond, a equação da equação é de $K_b = 64.407,90$.

Através desses resultados, podemos ver que pela lei de Rittinger e a lei de Bond, o trabalho necessário para fragmentar os sólidos são próximas, já pela lei de Kick, a constante fica distante desses resultados.

CONCLUSÃO

REFERÊNCIAS

McCABE, W. L.; SMITH J. C.; MARRIOTT P. Operaciones Unitarias Ingenieria Química, McGraw-Hill, 4ª ed., Madrid, 1991.

Pela lei de Kick, a constante da equação é $K_k = 22.609,70$, pela lei de Rittinger, a constante da equação é