

AFERIÇÃO DA UMIDADE DO AR NO LABORATÓRIO DE PESQUISA CIENTÍFICA UTILIZANDO UM HIGRÔMETRO DIGITAL

**JOHN KLAUS VALLIM ESPER^{1,2*}, ROBERTA LETÍCIA KRUGER³,
MARCOS ALCEU FELICETTI^{2,4}**

1 Introdução

Geralmente, a força de adesão entre uma partícula pulverulenta e uma superfície é devida às forças de Van der Waals, eletrostática e capilar (Rumpf, 1977), mas o predomínio de uma ou várias destas forças depende das condições locais durante os experimentos e das propriedades físico-químicas dos materiais em contato. Todas estas forças, em tese, são afetadas pelo formato da partícula, pela rugosidade da superfície, pelo tamanho da partícula, pela umidade relativa do ar e pela pressão de aplicação do contato (Ahrens et al., 2005).

A umidade relativa do ar pode ser medida ou estimada. Para se ter um valor apreciável, a umidade relativa do ar pode ser aferida por meio de alguma propriedade associada ao teor de vapor d'água contido no ambiente (Sentelhas e Angelocci, 2009).

A motivação para investigar a variação da umidade relativa do ar no laboratório de pesquisa é devida aos trabalhos de iniciação científica e as pesquisas com ênfase na pós-graduação realizadas no campus. Piaia em 2016 investigou a adesão de leite em pó em uma superfície de aço inoxidável, Borin em 2018 investigou as interações partícula-superfície em processos industriais, Rodrigues em 2024 determinou a força de adesão entre partículas e superfícies de diferentes rugosidades e Petters em 2024 estudou a influência da umidade relativa do ar na força de adesão entre partículas e superfícies. Em todos estes trabalhos a umidade relativa do ar foram avaliadas na força de adesão entre partículas de substâncias pulverulentas e uma superfície.

2 Objetivos

1 Titulação acadêmica Graduação, instituição UFFS, *campus* Laranjeiras do Sul, contato: johnkvesper@gmail.com

2 Grupo de Pesquisa: Produção, transformação e armazenamento de alimentos.

3 Titulação acadêmica Doutora, instituição UNICENTRO, *campus* Guarapuava,

4 Titulação acadêmica Doutor, instituição UFFS, **Orientador**.

Objetivos gerais: Aferir a umidade do ar no laboratório de pesquisa científica utilizando um higrômetro digital. **Objetivos específicos:** Verificar a umidade relativa do ar no laboratório com intuito de subsidiar futuras pesquisas ou projetos de desenvolvimento tecnológico que envolvam a interação entre partículas de pós secos e superfícies, sobretudo, nas pesquisas desenvolvidas nos cursos de graduação da engenharia de alimentos e engenharia química e pós-graduação em ciência e tecnologia de alimentos da UFFS.

3 Metodologia

A umidade relativa do ar pode ser aferida por um capacitor de umidade independente presente em um higrômetro digital. Este elemento sensor capacitivo consiste de uma placa de suporte para os eletrodos, coberta por um filme polimérico higroscópico. Este filme polimérico absorve ou libera as moléculas de água do ar, alterando, desta forma a capacidade do capacitor. Um circuito eletrônico converte a capacidade correspondente em umidade e produz um sinal padronizado de corrente.

A umidade relativa do laboratório foi monitorada utilizando-se um termo-higrômetro digital Instrucorp IC-2070 com certificado de calibração.

Esses instrumentos são amplamente utilizados em laboratórios, processos industriais, meteorologia, armazenamento de alimentos, controle farmacêutico e em estudos de interação partícula-superfície, nos quais a umidade relativa influencia diretamente as forças de adesão e coesão entre partículas (Sentelhas e Angelocci, 2009).

4 Resultados e Discussão

Este trabalho foi importante para observar o efeito da umidade relativa do ar no laboratório, sobretudo nas pesquisas científicas que envolvem a interação entre partículas de pós secos e superfícies. Com os dados de umidade relativa do ar desta pesquisa e com os resultados da pesquisa aprovada no edital nº 154 (Edital nº 154/GR/UFFS/2024 – Fomento à pesquisa com ênfase na pós-graduação stricto sensu da UFFS) intitulado “Influência da umidade relativa do ar na força de adesão entre partículas e superfícies”, verificou-se que o comportamento foi análogo para a umidade relativa do ar abaixo de 50%. Quando a umidade relativa do ar se manter inferior a 50% não existem forças capilares (Zimon, 1982; Ketkar e

Keller, 1975), somente as forças de Van der Waals predominam na interação entre materiais pulverulentos e uma superfície sólida (força de adesão).

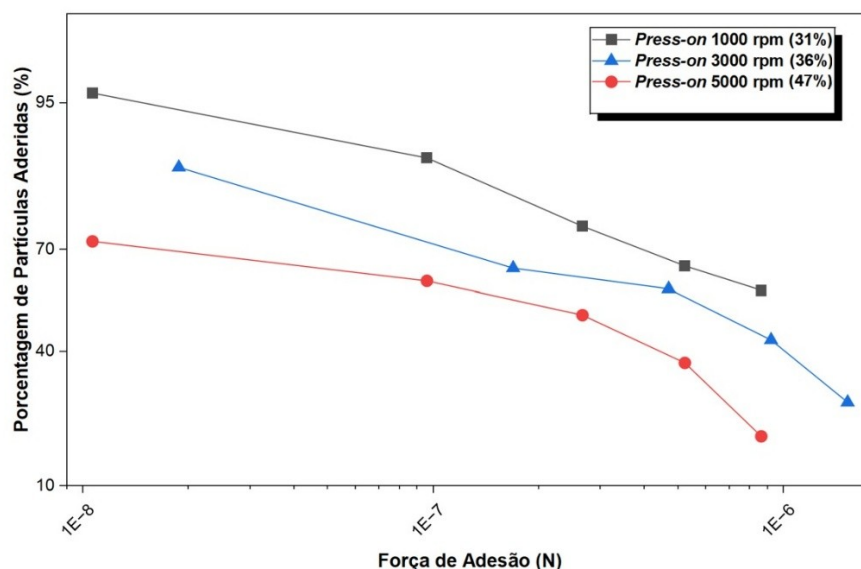
A força capilar surge das pontes líquidas formadas entre os corpos contíguos hidrofílicos porosos. Nesta pesquisa evitou-se coletar dados com a umidade relativa do ar acima de 50% pela dificuldade em mensurar a tensão superficial entre as duas superfícies em contato.

Deste modo, a força de adesão entre partículas e superfícies é influenciada pelo formato da partícula, pela rugosidade da superfície, pelo tamanho da partícula, pela umidade relativa do ar e pela pressão de aplicação do contato, além das propriedades físico-químicas (como a densidade) dos materiais envolvidos (Piaia, 2016; Borin, 2018; Rodrigues, 2024 e Petters, 2024).

O gráfico da Figura 1 apresenta um gráfico de porcentagem de partículas de leite em pó aderidas na superfície de aço inoxidável em função da força de adesão três velocidades angulares de compressão (*press-on*): 1000 rpm (com a umidade relativa do ar aferida em 31% e temperatura de 21,4°C), 3000 rpm (com a umidade relativa do ar aferida em 36% e temperatura de 23,2°C) e 5000 rpm (com a umidade relativa do ar aferida em 47% e temperatura de 24°C). As corridas experimentais foram realizadas em triplicatas em número de 30 de pontos cada corrida, nos meses de maio e junho de 2026. repetições, período de coleta, temperatura simultânea, exatidão declarada do instrumento ou calibração.

O gráfico da Figura 1 foi gerado a partir de umidades relativas do ar baixas, predominando, desta forma, forças intermoleculares de Van der Waals, forças eletrostáticas e as interações mecânicas entre as duas superfícies (rugosidade). Neste panorama, o material pulverulento orgânico apresenta menor aglomeração entre as partículas. Se os dados fossem coletados com uma umidade relativa do ar elevada (65-75%), haveria uma maior adsorção de água na superfície das partículas, aumentando, desta forma, significativamente a força de adesão entre as partículas e a superfície de aço inoxidável. Este comportamento é assegurado em função dos materiais pulverulentos orgânicos serem higroscópicos (elevada afinidade com água) e possuírem superfície porosa.

Figura 1 – Porcentagem de partículas de leite em pó aderidas na superfície de aço inoxidável em função da força de adesão em diferentes umidades relativas do ar do laboratório.



5 Conclusão

A partir do monitoramento e da aferição da umidade relativa do ar no laboratório de pesquisa científica comprovou-se que a interação entre partículas de pós secos e uma superfície plana é influenciada por Van der Waals e pontes de hidrogênio sobretudo quando a umidade relativa do ar do ambiente de trabalho é inferior a 50%.

O gráfico da Figura 1 e os resultados da pesquisa aprovada no edital nº 154 mostraram que força de adesão entre as partículas dos materiais pulverulentos apresentaram comportamento linear com a porcentagem de partículas aderidas na superfície.

Referências Bibliográficas

- AHRENS, F., PATTERSON, T., MUELLER, S. e HOJJATIE, B., Investigation of paper dryer picking, web transfer and quality issues using a new web adhesion and drying simulator. Brazilian Journal of Chemical Engineering, v.22, nº 2, p. 217 - 225, 2005.
- PETTERS, L. F. S., FELICETTI, M. A. Influência da umidade relativa do ar na força de adesão entre partículas e superfícies. Projeto de Pesquisa PES-2024-0022, edital nº 154/GR/UFS/2024 – fomento subprojeto de pesquisa científica.

BORIN, R., FELICETTI, M. A. Força de adesão em processos industriais alimentícios. In: VIII SEPE - SEMINÁRIO DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E CULTURA., 2018, Laranjeiras do Sul. Anais do SEPE - Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão., 2018. v. VIII

PIAIA, C. R., FELICETTI, M. A. Adesão de leite em pó em uma superfície de aço inoxidável. In: SEPE - Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2016, Laranjeiras do Sul - PR. SEPE - Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2016. v. VI.

RODRIGUES, A. K., FELICETTI, M. A. Adesão entre partículas e superfícies de diferentes rugosidades. REGIONEM Revista Interdisciplinar em Desenvolvimento Sustentável, v. 2, p. 1 – 15, 2024.

RUMPF, H. The strength of granules and agglomerates. In: Agglomeration (ed. W.A. Knepper). Proceedings of First International Symposium on Agglomeration, Philadelphia, Pa., John Wiley and Sons, N.Y. USA and London, UK., p. 379 -418, 1977.

SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R., 2009. Umidade do ar – Chuva – Vento. Slides de Aula da Disciplina LCE 306 – Meteorologia Agrícola, ESALQ/USP.

Palavras-chave: Pós secos; força capilar; umidade; higrômetro.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES-2025-0213

Financiamento

