

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
VII CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO INDUSTRIAL
PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO

RICARDO BARROSO LOPES

UTILIZAÇÃO DA REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA COMO
FERRAMENTA DE OTIMIZAÇÃO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS
DE MOAGEM DE TRIGO

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

PONTA GROSSA

2012

RICARDO BARROSO LOPES

**UTILIZAÇÃO DA REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA COMO
FERRAMENTA DE OTIMIZAÇÃO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS
DE MOAGEM DE TRIGO**

Trabalho de Monografia apresentada
como requisito parcial à obtenção do
título de Especialista em Gestão
Industrial: Produção e Manutenção
da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Guataçara dos
Santos Junior

PONTA GROSSA

2012



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTA GROSSA
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

**UTILIZAÇÃO DA REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA COMO FERRAMENTA DE
ORIMIZAÇÃO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS DE MOAGEM DE TRIGO**

por

Ricardo Barroso Lopes

Esta monografia foi apresentada no dia 10 de março de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM GESTÃO INDUSTRIAL: PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Luis Mauricio Martins de Resende
(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Joseane Pontes (UTFPR)

Prof. Dr. Guataçara dos Santos Junior
(UTFPR)
Orientador

Visto do Coordenador:

Prof. Dr. Guataçara dos Santos Junior
Coordenador ESPGI-PM
UTFPR – Campus Ponta Grossa

DEDICATÓRIA

**DEDICADO À MINHA ESPOSA FLÁVIA M. A .C. LOPES E
MINHAS FILHAS VICTORIA DE ALBUQUERQUE LOPES E VALENTINA DE
ALBUQUERQUE LOPES,SEM O APOIO E A COMPREENÇÃO DE VOCÊS NÃO
TERIA VENCIDO ESTE IMPORTANTE DESAFIO.**

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

À Deus, pela benção do milagre da vida, por sua infinita misericórdia e justiça.

Aos meus pais Lopes e Terezinha pelos valores recebido dentro de nossa casa.

A minha esposa e filhas pelo amor que une nossa família, e pelo apoio que me foi dado durante o curso de especialização.

À meu orientador Dr. Guataçara Jr., por toda a orientação e auxílio prestado em todos os momentos.

À todos os colegas e professores da turma de Especialização em Gestão Industrial – Produção e Manutenção – turma de 2011.

À todos o meu profundo agradecimento.

*“Investimento em tecnologia sem
investimento em pessoas, é desperdício
de recurso.”*

E.S. Posner

RESUMO

LOPES, Ricardo Barroso. **Utilização da Regressão Linear Múltipla como Ferramenta de Otimização em Processos Industriais de Moagem de Trigo:** 2011 .43 folhas. Monografia (Especialização em Gestão Industrial: Produção e Manutenção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

O objetivo deste trabalho é avaliar a otimização do processo industrial de moagem de trigo através da utilização de regressão linear múltipla. Utilizou-se dados obtidos em uma indústria moageira de trigo, e as variáveis independentes dureza, peso de mil grãos, umidade e distribuição do tamanho do grão foram relacionados com a variável dependente taxa de extração. Realizou-se uma pesquisa aplicada quali-quantitativa. Os dados utilizados para realização da regressão linear múltipla foram obtidos em um diagrama industrial, com capacidade de processamento de 360 t/dia, e com as seguintes especificações técnicas: Superfície de contato real de 9,0 mm/100Kg/24h e Superfície de peneiração de 0,050 m²/ 100 Kg / 24 h. Os resultados obtidos sinalizaram que a ferramenta pode auxiliar a otimização deste processo produtivo, através do gerenciamento de algumas variáveis independentes, tais como dureza, peso de mil grão, umidade, distribuição do tamanho do grão, e suas correlações com a variável dependente.

Palavras-chave: Moagem de trigo. Regressão Linear múltipla. Otimização.

ABSTRACT

LOPES, Ricardo Barroso. **Utilização da Regressão Linear Múltipla como Ferramenta de Otimização em Processos Industriais de Moagem de Trigo:** 2012 .43 sheets of paper. Monografia (Especialização em Gestão Industrial: Produção e Manutenção) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa 2012.

The objective of this study is to evaluate the optimization of the industrial process of wheat flour milling by using multiple linear regression. It was used data from a wheat milling industry, and the independent variables hardness, thousand kernel weight, moisture content and grain size distribution were correlated with the dependent variable extraction rate. In the study was performed a qualitative and quantitative applied research. The data used to perform multiple linear regressions were obtained in a industrial diagram with a 360 t of capacity per day, and with the following technical specifications: roller mill surface 9.0 mm/100Kg/24h, sifter area 0.050 m² / 100 Kg / 24 h. The results indicated that the use of linear regression can assist in optimization of production process, through the management of some independent variables such as hardness, moisture content, thousand kernel weight, size distribution and their correlations with the dependent variable.

Keywords: Wheat Flour Milling, Linear regression, Optimization.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de extração e os dados de dureza, peso de mil grãos e distribuição do tamanho do grão.	36
Tabela 2 - Valores de extração e os dados de dureza, dureza elevado ao quadrado ,peso de mil grãos e distribuição do tamanho do grão.	37
Tabela 3 - Valores de extração e os dados de dureza ,dureza elevado ao quadrado,dureza elevado ao cubo, peso de mil grãos e distribuição do tamanho do grão.	37
Tabela 4 – Dados experimentais utilizados na regressão, dados de extração instantânea,umidade, peso de milgrãos e distribuição do tamanho do grão	38
Tabela 5 - Estatística de regressão obtidos no software Excel para a regressão da tabela 1	38
Tabela 6 - Estatística de regressão obtidos no software Excel para a regressão da tabela 3.	40
Tabela 7 - Estatística de regressão obtidos no software Excel para a regressão da tabela 4.	40

LISTA DE ILUSTRACOES

Quadro 1- Classificação da Pesquisa	32
Figura 1 . Grão de trigo e seus principais constituintes	26

LISTA DE ABREVIATURAS

p.m.g	Peso de mil grãos
7W	Abertura de tela 2400 microns
9W	Abertura de tela 1800 microns

LISTA DE SIGLAS

Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CTRIN	Conselho Nacional do Trigo
CACEX	Câmara de Comércio Exterior
AACC	American Association of Cereal Chemists

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO	
ERAL	ERRO!
INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
1.2 OBJETIVO ESPECIFICO	
ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
2.REFERENCIAL <u>TEORICO</u>	14
2.1.HISTORICO SOBRE O TRIGO	
Erro! Indicador não definido.	
2.2 HISTORICO DA MOAGEM DE TRIGO NOS EUA	
Erro! Indicador não definido. <u>6</u>	
2.3 A HISTORIA DO TRIGO NO BRASIL.....	19
2.4 A HISTORIA DA MOAGEM DE TRIGO NO BRASIL.....	19
3.METODOLOGIA	31
3.1 MÉTODO CIENTÍFICO	31
3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	32
3.3 Do ponto de vista da natureza	32
3.4 Do ponto de vista dos objetivos	32
3.5 Do ponto de vista da abordagem dos problemas.....	33
3.6 Do ponto de vista dos procedimentos técnicos.....	33
3.7 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	33
3.7.1 UMIDADE DO GRAO	34
3.7.2 PESO DE MIL GRAOS	34
3.7.3 DISTRIBUICAO DO TAMANHO DO GRAO	34
3.7.4 DUREZA DO GRAO	35
4.RESULTADOS E DISCUSSAO	38
5 CONCLUSÃO	41
6 REFERÊNCIAS	42

1 Introdução

Dentro das técnicas de gestão industrial, a área de gestão da tecnologia vem ganhando destaque por parte de estudiosos e especialistas, pois apresenta a possibilidade de avaliação constante das restrições de diversos processos, sinalizam oportunidades de investimentos, auxiliam na obtenção de melhores resultados, e na tomada de decisão dos mais variados processos industriais.

A utilização de softwares como aplicação de inteligência artificial estão cada vez mais em evidência no auxílio a gestão de processos e apoio na tomada de decisão em escala industrial, pois conseguem gerenciar muitas variáveis e tornam a interação entre elas possíveis o que dificilmente poderia ser realizado apenas com a habilidade individual humana.

O principal objetivo desses sistemas de apoio na tomada de decisão é escolher entre um grupo de alternativas aquela que maior benefício trará ao processo, e através de um sistema computacional freqüentemente propõe fácil interação, flexibilidade e adaptabilidade aos processos. A funcionalidade desses sistemas devem ser baseadas na conciliação dos recursos intelectuais de usuários e criadores, com a capacidade do computador em processar um número muito grande de informações com qualidade e confiabilidade.

Entre os vários tipos de uso dessas ferramentas, destacam-se inúmeros otimizadores de processos e também simuladores que são capazes de prever as melhores interações, bem como maximizar os melhores resultados econômicos dos processos analisados.

A utilização desses sistemas ainda é muito discreto na indústria moageira brasileira, e a maioria de suas aplicações ainda se restringe a análise econômica de trigo e seus respectivos mix de produções, estando a otimização do processo ainda restrita a experiência profissional de Moleiros.

Uma das possibilidades dentro da indústria moageira de trigo, é a aplicação de regressão linear múltipla como ferramenta de otimização para o processo de moagem de trigo, seja esta moagem de *Triticum aestivum* ou *Triticum durum*.

Com isso se pode definir um atributo ou variável dependente esperado, correlacionado as variáveis independentes que interfiram na resposta da variável dependente, e assim possibilitar a otimização do processo estudado.

Diante do exposto defini-se a questão de pesquisa: Como otimizar o processo de moagem de trigo utilizando a ferramenta estatística denominada regressão linear múltipla?

Para responder a este questionamento são propostos os seguintes objetivos descritos a seguir.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a otimização do processo industrial de moagem de trigo através da regressão linear múltipla.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar quais são as variáveis significativas para a otimização do processo de moagem de trigo;
- b) Avaliar o ajustamento multivariado para diferentes amostras;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será apresentado um histórico sobre o trigo e a farinha de trigo no mundo e no Brasil (é uma sugestão e talvez comece falando na América, nossos amigos argentinos, a importância para a economia brasileira, etc...fazer um histórico mesmo, tudo que possível. Pode utilizar figuras, fotos, gráficos ou qualquer outro tipo ilustração) e como atualmente é realizado o processo industrial de moagem de trigo (aqui também pode gastar o verbo com toda a sua experiência, se quiser e for autorizado, também pode citar os processos nas indústrias aqui em Ponta Grossa. Utilize aqui também fotos do processo, equipamentos, gráficos, e qualquer outra ilustração que julgue necessária)

2.1 HISTÓRICO SOBRE O TRIGO.

O cereal trigo (*Triticum spp.*) é uma gramínea que possui cultivo em todo mundo. Globalmente, é a segunda maior cultura de cereais, perdendo a primeira posição para o milho, e terceiro cereal mais cultivado no mundo é o arroz. O grão de trigo é um alimento básico usado para fazer diversos tipos de farinhas ,e a partir dela, o pão. Também utilizada na alimentação dos animais domésticos e como um ingrediente na fabricação de alguns tipos de cerveja. O trigo também tem importante papel na composição de diversos tipos de rações animais.

Escavações arqueológicas no sul da França e na Suíça descobriram grãos de trigo fossilizado junto a ossos humanos. Esses achados e muitos outros provam que, já em tempos pré-históricos, o trigo era alimento básico do homem.

A triticultura, cultivo agrícola do trigo, foi responsável pela fixação do homem na região da mesopotâmia , deixando este de ser nômade .Acredita-se que as civilizações e o cultivo de grãos surgiram quase ao mesmo tempo, e talvez um em decorrência do outro.

Os cientistas acham que o trigo foi cultivado pela primeira vez, entre os rios Tigre e Eufrates, na antiga Mesopotâmia (atual Iraque). Em 1948, o cientista norte-americano Robert Braindwood descobriu sementes de trigo no Iraque que datam de aproximadamente 6700 a.C. Os dois tipos de trigo encontrados por Braindwood são muito semelhantes, em diversos aspectos, ao trigo cultivado atualmente.

A bíblia faz freqüentes referências à produção, uso, armazenamento e doenças do trigo. Por ela, ficamos sabendo que o trigo foi um importante alimento na Palestina e no Egito. Teofrasto, filósofo grego que viveu por volta de 300 a.C., escreveu sobre diversos tipos de trigo que cresciam em toda a bacia do mediterrâneo. O trigo era plantado na China muito tempo antes do nascimento de Cristo.

Na Roma, o trigo era o cereal nobre, preferido pelos ricos, enquanto os pobres e os escravos tinham que contentar-se com a cevada. Da região mediterrânea, o grão foi levado para o resto da Europa e, na Alemanha, na Dinamarca, na Suécia, na Noruega e na Finlândia foi gradualmente substituindo outros cereais usados na alimentação.

O trigo chegou à América na época dos descobrimentos, quando Colombo trouxe algumas sementes da Europa, em 1493. Hernando Cortês introduziu o cereal no México em 1519. De lá alguns missionários o levaram para os atuais estados norte-americanos do Arizona e Califórnia.

2.2 HISTORIA DA MOAGEM DE TRIGO NOS EUA.

A farinha de trigo foi inicialmente produzida por colonos americanos em meados do século XVII, utilizando grãos europeus ao longo da costa leste de Virgínia e Massachusetts. Segundo historiadores pouco depois no último quarto do mesmo século, foram construídos moinhos de vento e de água e a cidade de Nova York desenvolveu-se como centro de moagem e comercialização de farinha de trigo naquele país. Durante todo o período colonial a Inglaterra sempre controlou dentre outras atividades a comercialização de produtos, e sobre taxava as produções de farinha.

No início os moinhos de trigo necessitavam de grande número de mão de obra, fossem eles movidos a vento ou a água, pois basicamente todo o trabalho de abastecimento do trigo e produção de farinha era manual.

Oliver Evans merece crédito e destaque nesse cenário para a engenharia revolucionária de um moinho em que grãos e farinha eram movidos mecanicamente (concluído em 1785). Ele desenvolveu um sistema contínuo de elevadores, transportadores e alguns outros dispositivos automáticos para seu moinho de trigo, que revolucionaram a indústria moageira da época, constituindo o início da automação na indústria.

Depois da Revolução tecnológica de Evans e até cerca de 1830, Baltimore era o centro líder de comércio de farinha nos Estados Unidos. Seus recursos hídricos abundantes, e a facilidade do acesso de embarcações foram determinantes para desenvolvimento do negócio na região. Rapidamente a proposta tecnológica de Evans se espalhou, e os comerciantes que se concentraram sobre a troca de

farinha e cereais para a Europa por produtos manufaturados ali se estabeleceram. As guerras da Revolução Francesa e Napoleão abriram as portas da Grã-Bretanha para produtos americanos.

Antes de 1860 moleiros americanos utilizavam trigo de inverno mole entre mós(pedras) juntas obtendo farinha para diversas utilização. Em 1870, moleiros, particularmente em Minneapolis, estavam experimentando uma técnica europeia de moagem e redução gradual. Este "novo processo" envolvendo moagens em vários estágios (normalmente 3-5) com o conjunto de pedras progressivamente mais perto.

O trigo da primavera duro, cresceu cada vez mais nas regiões de Dakotas e Minnesota, após 1865, exigiu algumas melhorias no sistema gradual de redução. Além de seu hábito de crescimento diferentes, o trigo duro de primavera tinha tanto um maior teor de glúten e uma camada de farelo mais facilmente destruída do que a variedade de inverno mole. Melhores métodos de moagem e separação eram necessárias. Em 1873 Edmund Lá Croix e George T. Smith, em Minneapolis, revolucionam o mercado introduzindo purificadores de farelo patenteado que separava o farelo de trigo, e a farinha de forma mais completa por um contra fluxo de ar através de telas para melhor classificar as partículas que apresentam pesos diferentes. O equipamento de La Croix melhorou o arranjo de classificação do farelo, introduzindo a máquina para a América.

A introdução de rolos de ferro com raias e refrigerados a água começaram a substituir as pedras de mós para moer simultaneamente diversos produtos incluindo os produtos vindo do purificador de farelo

O avanço mais significativo em termos de tecnologia de moagem desde a década de 1870 foi feita após a Segunda Guerra Mundial, quando engenheiros desenvolveram um sistema mecânico para a refinação de farinha, além da moagem comum, que passou a utilizar a dinâmica do fluxo de ar. Classificadores de ar, então, podiam separar as micro partículas de proteína e as frações de amido.

Sistemas de fluxo de ar também têm sido utilizados no transporte e armazenamento da farinha desde meados dos anos 1960. Transportadores

pneumáticos substituíram em grande parte elevadores de caçamba, eliminando a poeira e os problemas de infestação por insetos.

2.3 A HISTÓRIA DO TRIGO NO BRASIL.

O Brasil foi o primeiro país das Américas a exportar trigo, graças às plantações que possuía em São Paulo, Rio de Janeiro e outras regiões. Ao que parece, as primeiras sementes foram trazidas por Martim Afonso de Sousa, em 1534, para a capitania de São Vicente (São Paulo) onde se aclimataram muito bem.

Os trigais expandiram-se e alcançaram o nordeste. O trigo foi plantado em Garanhuns (Pernambuco), Teixeira (Paraíba), Meruoca (Ceara) chegando até a Ilha de Marajó. Mais tarde, desenvolveu-se também em Minas Gerais e Goiás. Em 1737, colonos açorianos deram grande impulso ao cultivo desse cereal e o Brasil exportava grandes quantidades de trigo para Portugal.

Em meados do Século XIX, os trigais foram atacados pelas ferrugens, praticamente desaparecendo até a Primeira Guerra Mundial. A partir desse período, o governo brasileiro passou a se interessar mais pela questão, concedendo prêmios aos produtores e estimulando a pesquisa experimental. Com esse estímulo a cultura do trigo foi retomada, desenvolvendo novas espécies, mais resistentes à ferrugem.

2.4 A HISTÓRIA DA MOAGEM DE TRIGO NO BRASIL

O setor moageiro de trigo é bastante antigo no Brasil, sendo hoje integrado por um considerável número de grandes, médias e pequenas indústrias, com distribuição geográfica bastante dispersa pelo território brasileiro, abrangendo, praticamente, todos os Estados da Federação e apresentando maior concentração próximo as principais regiões produtoras na região sul do Brasil.

O interesse capitalista pela industrialização do trigo no Brasil efetivamente, passou a ser sentida a partir do final do século dezoito, quando foi implantado no Brasil, o primeiro moinho, chamado MOINHO INGLÊS que situava-se na atual cidade do Rio de Janeiro na região portuária daquela cidade. Pertencente a Cia. Rio Flour Mills & Gramnaries Ltda, dispondo de um cais de 145 km de comprimento e

de um molde de estrutura metálica, com um excelente aparelho elevador para descarga de trigo a granel, trazido em vapores cargueiros, e com um transportador por meios de esteiras subterrâneas móveis até os silos em que era depositado o trigo.

Antes disso, para os centros urbanos, importava-se farinha da Inglaterra, Uruguai e Argentina. Importação essa que era feita em barricas de madeira.

No dia 25 de Agosto de 1887 foi assinada, pela Princesa Isabel, a autorização para funcionamento do Moinho Fluminense, situado igualmente na região portuária do Rio de Janeiro no bairro da Saúde.

Outros grupos internacionais do ramo, a partir do início do século XX, implantaram no Brasil suas unidades moageiras, iniciando um processo de controle de mercado dos derivados do trigo. Esses industriais eram ligados a países exportadores de trigo e, com efeito, não tinham interesse no desenvolvimento da triticultura nacional.

No último quarto do século 19, o imigrante italiano Aristides Germani, ao tentar implantar moinhos no Rio Grande do Sul e produzir trigo, por duas vezes, sofreu duros golpes quando importava, da Itália, máquinas para melhorar a tecnologia de seu moinho colonial, implantado na Cidade de Caxias do Sul. Inicialmente Germani queria convencer os principais industriais que processavam milho e centeio a adaptar seus moinhos para que estes passassem a moer trigo, pois acreditava que este cereal seria uma promessa de riqueza. Finalmente alcançou seu objetivo, produzindo em 1886 a primeira farinha de trigo produzida no Rio Grande do Sul. Registrou ainda dura concorrência das indústrias multinacionais, que já praticavam a hegemonia sob controle desse mercado no País.

No país eram isentos de impostos alfandegários máquinas e equipamentos agrícolas importados, como equipamentos para moagem de trigo, até a década de trinta. No entanto, nas duas oportunidades em que Aristides Germani importou máquinas para sua indústria, a União passava a taxar tais importações, para em seguida liberar a importação.

No Governo de Getúlio Vargas, Governador do Estado do Rio Grande do Sul, no final da década de 20, foi iniciada uma reação em defesa da produção nacional do trigo, com o próprio Getúlio Vargas contratando técnicos e dando apoio aos

moinhos de pequeno porte que apareciam pelo interior das regiões que produziam trigo.

A partir da década de 1930, já com o Presidente Getúlio Vargas no Governo da República, com o desenvolvimento industrial e a formação dos centros urbanos, o consumo de trigo cresceu, tendo no Governo, a ação fiscalizadora dos moinhos. Então, foram instalados no País, moinhos nos Estados produtores de trigo.

Em 1937, a Lei no. 470 determinava que os moinhos de trigo beneficiassem, pelo menos, 5% de produto nacional, sobre o total de trigo estrangeiro industrializado. O Decreto Lei no. 955, de 1938, estipulava a obrigatoriedade aos moinhos de industrializar todo o trigo nacional.

Já, em 1944, com o Decreto no. 6.170, de 05/01/44, o Governo passou a disciplinar a distribuição de cotas de trigo para a industrialização, através do rateio de todo o volume de trigo destinado ao abastecimento, tendo como base a capacidade de moagem registrada pelos moinhos.

Em 1949 com o Decreto no. 26.159 de 07/01/49, proibiu-se a importação de farinha, continuando os moinhos a importar diretamente o trigo em grão.

A partir de 1951, valendo-se da insuficiente atuação do Governo e a falta de uma política oficial bem delineada e abrangente, para melhor definição das atividades do setor, tivemos exemplos de elementos inescrupulosos, onde foram registrados, fatos que se tornaram famosos na história econômica do País, como o contrabando, o "trigo papel", passeio do trigo" e a "nacionalização do trigo", gerando incalculáveis prejuízos para o Tesouro Nacional, além das constantes desestabilizações do mercado.

Diante desses fatos, o Governo criou no Ministério das Relações Exteriores, a Comissão Consultiva do Trigo, com a finalidade de coordenar o abastecimento do mercado.

Em 1952 deu-se a primeira aquisição do produto no exterior através da CACEX, ficando a compra do trigo nacional compulsória por parte dos moinhos, que mediante comprovante, recebiam um subsídio de quase 100%.

Em 1954, o Decreto Lei no. 35.769, obrigava todos os moinhos instalados no País, a adquirirem o trigo de produção nacional em cotas proporcionais à sua capacidade industrial de moagem e armazenamento.

As cotas do trigo importado eram distribuídas mediante comprovação da compra do produto nacional e proporcionalmente à capacidade de moagem. A compra do trigo nacional, pelos moinhos, era compulsória. Os moinhos somente recebiam cotas de trigo importado mediante a apresentação de comprovante de compra de determinada e proporcional quantidade de trigo nacional. As indústrias superdimensionaram suas instalações, objetivando a obtenção de maiores cotas, causando sérios desvirtuamentos ao parque moageiro. Houveram casos de moinhos que simulavam a compra de trigo nacional, ao qual o Governo concedia um subsídio de quase 100% em relação ao trigo importado. A nacionalização do trigo consistia no ato de apresentar, como se nacional fosse, o trigo importado, mediante adulteração de documentação e embalagem do produto. Como consequência, ocorria o chamado "passeio do trigo"; em que o produto estrangeiro, que vinha para abastecer o Sul do País, retornava para o Leste e Norte, rotulado como de produção nacional.

Em 1957, na tentativa de colocar ordem na situação, a Portaria no. 519, de 03/04/57, do Ministro da Agricultura, definiu critério de aferição das capacidades de moagem.

Em 1959, o Decreto no. 47.491, de 24/12/59, dividiu o País em quatro zonas para distribuição de trigo e ratificou o dispositivo do rateio em função da capacidade industrial do moinho e da quantidade de trigo atribuída a cada zona de consumo.

Em 08/02/1962, o Decreto no. 600 proibiu a concessão de autorização para instalação de novas unidades ou aumento da capacidade das existentes. A Portaria no. 820, de 22/11/62, criou o monopólio das operações com trigo nacional, com o objetivo de moralizar o setor moageiro.

Em 1967 o Governo resolveu interferir oficialmente na política do trigo, resultando daí, o Decreto-Lei no. 210, de 27/02/67, com a oficialização do monopólio estatal, que buscava sanear o parque moageiro nacional, então constituído de 489 moinhos, com capacidade registrada de moagem da ordem de 10 milhões de

toneladas, mas que utilizava apenas 2,5 milhões de toneladas, registrando uma ociosidade de 75%.

O País foi geograficamente dividido em 8 zonas de consumo e a cada semestre, o Governo fazia uma previsão das necessidades de trigo de cada zona, para melhor distribuição das cotas, em função da capacidade técnica apurada a cada unidade moageira, mediante prova física e posterior registro na SUNAB. Como havia mais capacidade industrial do que mercado, a Lei determinou a medição da capacidade de moagem de cada moinho. A análise feita em cada um dos quase 500 moinhos, resultou numa soma tão grande que o Governo resolveu "cortar" 40% e criou cotas para cada unidade relativa a 60% do que constatou.

O número de moinhos reduziu, entre 1967 e 1990, de 420 para 178.

O Governo fixou, também, os tipos de farinhas a serem produzidas e passou a estabelecer o preço de venda do trigo e dos produtos.

Foi determinado que o Banco do Brasil – CTRIN – fosse o responsável pela distribuição do cereal e pela compra de trigo nacional e criou a Junta Deliberativa do Trigo, responsável pelas compras internacionais. O Governo comprou durante 23 anos o trigo doméstico e estrangeiro e o vendeu, em cotas semanais, aos moinhos.

Com este processo, mantinha-se nos silos dos moinhos, um estoque regulador de sua propriedade, vendendo às empresas, a cada semana, a cota prevista. Os moinhos tinham a possibilidade de recusar cotas, caso a demanda efetiva fosse inferior à estimada e, em sentido contrário, podiam solicitar cotas extras, caso a procura real superasse a estimada, sendo atendidos na medida da conveniência governamental.

Até 1972, não existia subsídios para o trigo. No Governo do Presidente Emílio Médici, em pleno "boom" da economia mundial e na euforia decorrente do "milagre brasileiro", empenhava-se a administração pública em baixar, sucessivamente, os índices inflacionários, tendo sido estabelecido para 1973 a meta de 12% ao ano. No final de 1972, entretanto, devido à frustração da safra russa de 72/73, que levou a um aumento da demanda internacional, as cotações do trigo dispararam verticalmente. Durante muitos anos elas vinham se mantendo estáveis. Paralelamente, sobreveio, em 1973, a chamada "primeira crise do petróleo", pressionando, entre outros custos, os dos fretes marítimos.

A partir de 1973, empenhado em alcançar suas metas de redução da inflação, o Governo introduziu os subsídios ao consumo de farinhas, para evitar que altas internacionais de trigo, influíssem na inflação. Não era necessário a criação de um instrumento legal, pois o Decreto-Lei no. 210 possibilitava, automaticamente, a introdução do subsídio. Tal comportamento permaneceu no mercado brasileiro durante mais de 15 anos, trazendo deformações com conseqüências desastrosas, como por exemplo, o aspecto da qualidade de produto final – massas, biscoitos e pães – que ficou colocado à deriva, pois o importante era volume, devido aos preços baixos

Em 1990, durante o governo Fernando Collor de Mello, foi aprovada a Lei que acabou com o sistema de cotas de moagem e o monopólio da União na compra e venda de trigo, embora aprovada em novembro de 1990, apenas entrou em efetivo vigor no fim de 1991. Em 1991, o Governo ainda revendeu, por cotas, parte do estoque que possuía e, no mês de novembro, no dia 11, liberou os preços dos produtos e só então o mercado começou a presidir as decisões do setor, com a valorização do produto, tornando as indústrias de moagem donas de seu próprio negócio. Essa liberdade deu início a um novo mercado. Foi preciso uma modernização nas indústrias, planejamento e uma política comercial mais agressiva, pois corria-se o risco de ficar fora do mercado, que passou a ser competitivo.

Existiam, em novembro de 1990, 178 moinhos "registrados", isto é, que recebiam cotas do Governo. Hoje o número de moinhos gira em torno de 300 em todo território nacional.

A moagem de trigo no Brasil é uma das áreas em que nosso País aproxima-se aos mais modernos moinhos existentes no mundo. Os moinhos, na sua maioria, sempre cuidaram de implementar e atualizar sua qualidade industrial e não permitir que o imobilismo da legislação anterior impedisse seu desenvolvimento.

2.5 O PROCESSO DE MOAGEM DE TRIGO

Desde de antigas civilizações, o cereal trigo tem sido transformado em farinha para uso em panificação usando várias tecnologias . A denominação comum e objetivo de todo processo de moagem, e dos profissionais denominados moleiros ,

é a quebra do grão de uma forma tal que , quando misturado a água seja criado uma massa para ser transformada em produtos diversos. Com a mudança do mercado e exigências de consumo, o processo teve que ser repensado pelos seus profissionais, e a separação de endosperma, farelo e germe tornou-se muito importante.

Vários registros históricos descrevem a historia da evolução humana e como este cereal foi importante para o desenvolvimento da espécie, quando o trigo era quebrado por pedras até os modernos processos com rolos de cilindros atualmente utilizados. Entretanto, a maioria dos controles e dispositivos de automação não controlam parâmetros tecnológicos da moagem, os quais quase sempre são baseados no conhecimento e habilidade dos moleiros, e principalmente em suas experiências. O século XXI trouxe uma concepção de ajuste dos processos de moagem, introduzindo equipamentos modernos e com grande capacidade de processamento de trigo.

O desafio tecnológico da separação dos três principais partes do grão de trigo (endosperma, germe e farelo) com a máxima eficiência é complexo, principalmente devido ao formato intrínseco do cereal, da presença da crease (sulco existente na superfície do grão) e da camada de aleurona, que é considerada botanicamente como parte integrante do endosperma, mas que é extremamente difícil separa-la do farelo pelos processos convencionais de moagem. Abaixo uma ilustração do cereal e suas principais partes constituintes.

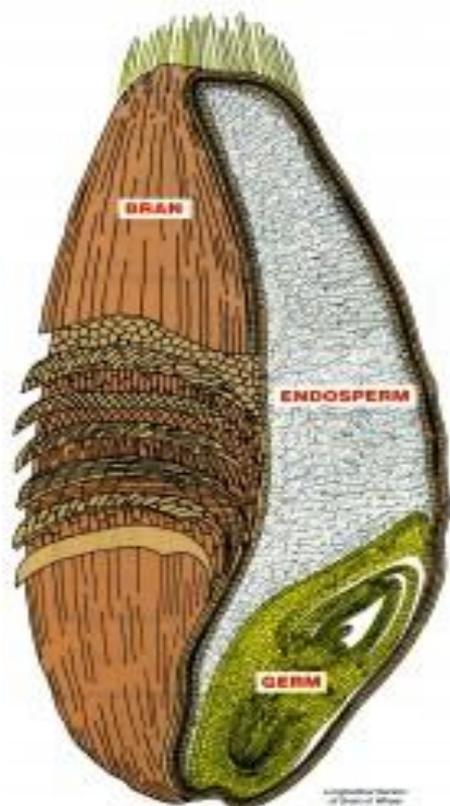


Figura 1 . Grão de trigo e seus principais constituintes

O processo de moagem de trigo sofreu significativas transformações ao longo dos anos, passando inicialmente pela moagem manual do cereal em pedra , posteriormente utilizando a força animal, vento ou da água para gerar energia para o funcionamento da engrenagem que movimentava as pedra e por fim com a substituição das pedras pelos bancos de cilindro , e atuais processos de peneiração e classificação dos produtos na moagem.

A moagem com pedras inicialmente consistia no esmagamento manual do cereal em pedra, resultado desse processo uma farinha constituída de partículas de endosperma moído e também de farelo. A evolução desse processo , passou a utilizar duas pedras e não mais a força humana para realização da moagem. Passou-se a utilizar a força de animais e futuramente a energia da água para movimentação da engrenagem que movimentava as pedras para produção de um pó, farinha, constituída de partículas de endosperma e farelo reduzidos a pós.

HOWELL e KELLER (1927) descrevem o funcionamento desse sistema com pedras e detalham como eram as pedras utilizadas para esse tipo de moagem, explicam que possuíam ranhuras que podiam ser diagonais ou arredondadas na superfície interna do disco. Os autores esclarecem também como era o

funcionamento dessa estrutura , onde uma das pedras permanecia estática , enquanto a outra girava em cima dessa superfície, e o grão de trigo ocupava o espaço entre as pedras. A medida que a pedra apresentava desgaste, as ranhuras precisavam ser talhadas novamente e a pedra recuperada.

O resultado da moagem em pedras é a obtenção de uma farinha denominada integral, ou seja, sem a separação das principais partes constituintes do grão (endosperma, germe e farelo). Nos dias atuais , algumas indústrias moageiras estão retornando a esse processo com parte de sua produção, afim de oferecerem aos consumidores e clientes , um produto mais rico do ponto de vista nutricional, e este produto vem ganhando espaço comercial quando comparamos com a farinha branca comumente disponível em mercados.

POSNER (2008) define o processo industrial de moagem de trigo, como o desafio tecnológico de separação dos três principais componentes do grão de trigo: O endosperma, o germe e o farelo. Esta separação é especialmente complexa devido ao formato intrínseco do cereal trigo (*Triticum aestivum* e *Triticum durum*) , devido a existência da crease, e da camada de aleurona que apesar de ser parte constituinte do endosperma, não é facilmente integrada a fração amilácea do endosperma, que será reduzido a granulometria de farinha.

O atual processo industrial de moagem de trigo, é didaticamente dividido em 3 estágios: A limpeza do grão de trigo, o condicionamento do grão de trigo e a moagem do grão. No primeiro estágio, o principal objetivo é retirar os materiais que interferirão no processo de moagem e conseqüentemente a qualidade da farinha obtida. Neste estágio, são retirados as impurezas carreadas da lavoura , tais como pó , terra, outros cereais, palha e materiais que não sejam constituintes do grão. Tem como princípios básicos de separação a utilização de ar para separação de materiais mais leves que o trigo, ímãs para reter materiais metálicos, calibragem para separação de impurezas e outros cereais com dimensões diferentes das do trigo, e diferença de densidade para separação de materiais com peso específico distinto ao do grão mas com forma similar ao do grão.

Na etapa de condicionamento do grão consiste em adicionar água ao grão, por meio de um transporte mecânico , afim de que o grão sofra alteração em sua estrutura interna facilitando o processo de separação do endosperma e o farelo. Para cada tipo de trigo faz-se um processo de condicionamento do grão diferente

em quantidade de água e tempo de repouso. Deve-se ter como foco a umidade final obtida na farinha e também a alteração desejada para a dureza do grão.

Por fim tem-se o processo de moagem do grão, que é composto basicamente por rolos de cilindros raiados e lisos, sassores e plansifters. Os bancos de cilindros são os principais equipamentos dentro de um diagrama de moagem de trigo, pois este equipamento abre o grão e disponibiliza o endosperma para ser reduzido a granulometria de farinha. Os rolos raiados possuem ranhuras e além de abertura do grão, são responsáveis por retirar o endosperma ainda aderido a casca nos estágios posteriores a abertura do grão. Os rolos lisos reduzem a granulometria do endosperma à farinha. A superfície de contato disponível em um diagrama de moagem, indica a relação existente entre a massa a ser moída e a quantidade de rolos disponíveis, e é expressa por um relação de mm/100Kg/24h.

Entre um estágio de moagem em banco de cilindro e o subsequente, faz-se necessário a separação dos produtos com base em sua granulometria. Esta atividade é realizada nos peneiradores denominados de plansifters. A aceleração do material em contato com a tela, a relação da quantidade de produto a ser peneirado e a superfície de peneiração, a abertura da tela, a quantidade de telas utilizadas para a peneiração, a granulometria do material e o seu formato, e a relação da umidade relativa e a temperatura no interior do equipamento são fatores determinantes para o processo de peneiração. Usualmente a superfície de peneiração de um diagrama de moagem é expressa por uma relação de $m^2 / 100 \text{ kg} / 24 \text{ h}$. Entre a ação dos bancos de cilindros e o processo de peneiração, deve existir um estágio de purificação das sêmolas (farinha compactada).

Este estágio é realizado por sassores, que tem a sua eficiência e performance relacionada a quantidade e qualidade de material enviado ao equipamento. Esta máquina consiste em conjunto de telas dentro do equipamento por onde se tem um contra fluxo de ar que realiza a purificação do material por diferença de peso específico existente entre a sêmola pura e a sêmola com farelo aderido. A operação do sassor é baseado em dois princípios: Fluxo de ar que irá separar as partículas baseado no peso específico e no seu formato, e telas que permitirão a passagem adequada ao tamanho e formato do material. Normalmente a superfície de purificação é definida com a relação de $\text{mm} / 100 \text{ kg} / 24 \text{ h}$.

A quantidade produzida de farinha dentro deste processo, é denominado extração de farinha e tem como base a quantidade de farinha obtida por total de trigo utilizado. Dentro deste processo, é necessário considerar o formato do grão, o tamanho, a textura ou dureza, e composição química do cereal para adequação e ajustes necessários ao processo, afim de otimizar o rendimento de obtenção de farinha. Esse processo é substancialmente diferente conforme o tipo de trigo (duro, semi duro ou mole), e esta característica solicitará diferentes ajustes do processo para cada matéria-prima.

O grão de trigo é o único cereal que apresenta característica panificáveis. Isto porque apresenta um complexo protéico que é denominado glúten, capaz de reter o gás durante o processo fermentativo. O glúten se forma quando se hidrata a farinha de trigo, e se submete esta massa a esforço mecânico. Isso faz com que as proteínas constituintes do glúten, gliadina e glutenina, se combinem e formem a rede de glúten. As proteínas constituintes do glúten, apresentam características distintas, sendo uma responsável pela elasticidade e a outra responsável pela extensibilidade da massa.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA (1978) define farinha de trigo como o produto obtido da moagem exclusiva do cereal *Triticum vulgare*, com designação de “farinha” ou “farinha de trigo”. Dentro as características da farinha de trigo, o órgão define que a farinha de trigo deve ser fabricada a partir de grãos de trigo sãos e limpos, isentos de matéria terrosa e em perfeito estado de conservação. Não pode estar úmida, fermentada, nem rançosa. Os termos sêmola e semolina podem ser usados para outros grãos de vegetais, devendo constar da denominação do produto, o vegetal de origem. As sêmolos e semolinas, quando armazenadas por muito tempo, podem dar origem a certa quantidade de farinha. A ANVISA classifica a farinha segundo o teor Máximo de cinzas minerais seca e o percentual de extração conforme descrito abaixo:

1. Farinha integral - produto obtido a partir do cereal limpo com uma extração máxima de 95% e com teor máximo de cinza de 1,750%;
2. Farinha especial ou de primeira - produto obtido a partir do cereal limpo, desgerminado, com uma extração máxima de 20% e com teor máximo de cinzas de 0,385%;
3. Farinha comum - produto obtido a partir do cereal limpo, desgerminado, com uma extração máxima de 78% ou com extração de 58%, após a separação dos 20%

correspondentes à farinha de primeira. O teor máximo de cinzas é de 0,850%. A farinha de trigo comum, por determinação do Governo Federal, para fins de panificação, pode ser adicionada de farinhas de outras origens.

4.Sêmola - produto obtido pela trituração do trigo limpo e desgerminado, compreendendo partículas que passem pela peneira nº 20 e sejam retidas pela peneira nº 40;

5.Semolina - produto obtido pela trituração do trigo limpo e desgerminado, compreendendo partículas que passam pela peneira nº 40 e sejam retidas pela peneira nº 60.

Por fim a ANVISA define as características sensoriais ou organolépticas da farinha de trigo como sendo um produto , com aspecto de pó fino branco ou ligeiramente marrom, cor ligeiramente amarelada escura, com cheiro e sabor próprios.

POSNER (1998) determinou uma equação utilizando a metodologia de regressão linear múltipla para expressar a dependência do rendimento de farinha, obtido em equipamento laboratorial Brabender Quadromatic Sr., para o trigo americano HRW e encontrou os seguintes valores para o coeficiente de determinação múltipla ajustado ($R^2 = 0,68$) , e para significância global da equação ($P < 0,001$). O autor utilizou como variáveis independentes a distribuição do tamanho grão retidos em tela de 2400 microns, tela de 1800 microns e tela 850 microns, o peso de mil grãos, o peso hectolitro da massa de grãos, e o percentual de resistência do grão a sofrer rupturas por descascamento.

CAMPBELL et al (2007) trazem importante contribuição para o processo de predição do comportamento do grão de trigo no processo de moagem, baseado no comportamento do grão dentro do primeiro estágio de trituração. Os autores consideram em sua equação o efeito da dureza do grão e o seu formato para a distribuição do tamanho da partícula após esse estágio do processo. Ainda que a abordagem do estudo seja restrita ao primeiro estágio de trituração, pode-se com auxílio da equação prever como o efeito de diferentes posições das raias na primeira quebra irá interferir na produção das partículas, e destacam também a importância da dureza do grão como fator determinante para essa distribuição.

Os trabalhos de POSNER e CAMPBELL ainda que não utilizassem as mesmas ferramentas matemáticas, propuseram a predizer estágios relativos ao processo de moagem do grão de trigo em laboratório. No primeiro estudo a

utilização de regressão linear foi objetivo de pesquisa em um moinho experimental , e no outro as variáveis dureza do grão e seu tamanho, foram objeto de pesquisa apenas no primeiro estágio de trituração. O presente trabalho propões a utilização de uma regressão linear múltipla obtida com dados de um moinho industrial, e não se restringirá apenas ao primeiro estágio do processo, mas a avaliação global da taxa de extração de um diagrama comercial tendo como variáveis independentes a dureza do grão, o peso de mil grão e a distribuição do tamanho do grão. Essa regressão poderá possibilitar a otimização da dureza necessária para obtenção de uma taxa de extração desejada, bem como destacar quais das variáveis independentes tem maior impacto dentro do processo de produção industrial de farinha de trigo.

Este trabalho propõe a utilização de equação linear múltipla , com o objetivo de maximizar o processo de moagem industrial de trigo através da otimização da dureza do grão para determinado diagrama de moagem . Utiliza a taxa de extração como variável dependente , e as seguintes variáveis independentes , dureza do grão, tamanho do grão e peso de mil grãos . Dentre as variáveis independentes a dureza do grão é a única que pode ser manipulada pela adição de água e o tempo de descanso dado a massa de trigo. Assim sendo uma vez que se determina a dureza ideal do grão que irá maximizar a taxa de extração basta encontrar a dureza desejada para o diagrama em estudo através do gerenciamento do processo de condicionamento do trigo. Outro ponto importante na utilização deste tipo de regressão é a análise dos coeficientes encontrados para cada uma das variáveis independentes, que quanto maior for este valor maior será a interferência desta variável para o estudo da regressão e conseqüentemente para o processo analisado.

Os trabalhos até então realizados, não foram baseados em diagramas industriais de moagem de trigo, e se limitaram a análise de moagem de trigo em moinho experimental utilizado em laboratório. Estes trabalhos tem grande importância principalmente na predição da abertura do grão e a produção de sêmolas no primeiro estagio de quebra do grão , ou na análise da matéria-prima analisada em laboratório, mas não trouxeram contribuição direta para uma escala industrial.

3.METODOLOGIA

Por meio da apresentação da metodologia utilizada na pesquisa se torna possível a descrição dos métodos e ferramentas utilizadas no desenvolvimento da prática. Dessa forma, essa etapa do projeto de pesquisa visa identificar e expor os procedimentos metodológicos abordados em cada fase do estudo.

Para Gil (1996) o significado essencial da pesquisa é que o seu objetivo principal se estabelece em descobrir respostas para determinados problemas, mediante ao emprego dos específicos procedimentos científicos.

3.1 MÉTODO CIENTÍFICO

O alcance dos objetivos da pesquisa depende principalmente de um estabelecimento de um conjunto de procedimentos conceituados como métodos científicos. Lakatos e Marconi (1991, p. 41) definem método científico como:

[...] o conjunto de atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros – traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista.

O método utilizado na pesquisa representou-se pelo indutivo que segundo Lakatos e Marconi (2001) conceitua-se como um procedimento mental que a partir da análise dos dados, infere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas. Contudo, o método indutivo visa levar o conteúdo da pesquisa às conclusões cujo conteúdo final é mais amplo e explorado que as bases examinadas.

Esse tipo de método baseia-se principalmente na premissa de que o conhecimento é fundamentado na experiência. É utilizado, de maneira geral, para a definição de conceitos e caracterização de fatos e informações.

O método indutivo apresenta duas formas: completa ou formal e incompleta ou científica, que não deriva de seus elementos inferiores, enumerados ou provados

pela experiência, mas permite induzir, de alguns casos adequadamente observados, e às vezes de uma só observação, aquilo que se pode dizer dos restantes da mesma categoria (LAKATOS e MARCONI, 2001, p. 89).

3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O quadro 1 resume a classificação da pesquisa, através de 4 tipos de classificação:

Classificação	Tipo de Pesquisa
Do ponto de vista da natureza	Aplicada
Do ponto de vista dos objetivos	Exploratória
Do ponto de vista da abordagem do problema	Qualitativa
Do ponto de vista dos procedimentos técnicos	Pesquisa Exploratoria

Quadro 1 – Classificação da Pesquisa

3.3 Do ponto de vista da natureza

Do ponto de vista da forma da natureza, a metodologia emprega características de pesquisa aplicada, ou seja, daquela de que se esperam resultados práticos e transformar em ações concretas os resultados da pesquisa. Segundo Silva e Menezes (2001, p. 20), “objetiva gerar conhecimento para aplicação prática dirigidos à solução de problemas estratégicos”.

3.4 Do ponto de vista dos objetivos

Desse ponto de vista, a pesquisa realizada é considerada exploratória, por meio do método indutivo.

A pesquisa exploratória promove maior conhecimento do tema, por meio de ou uma situação para prover critérios e compreensão. Gil (1996, p. 45) explica que a pesquisa exploratória tem como objetivo:

“[...] proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou construir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado”.

3.5 Do ponto de vista da abordagem dos problemas

O procedimento metodológico empregado, do ponto de vista da forma de abordagem do problema, representou-se por uma pesquisa quali-quantitativa, pois usa de subjetividade para tomada de decisões e utiliza a ferramenta de regressão linear múltiplas para auxílio no processo de tomada de decisão e otimização do processo. A pesquisa qualitativa considera a existência da relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, ou seja, um vínculo entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não é transformado em números (SILVA e MENEZES, 2001, p. 20).

3.6 Do ponto de vista dos procedimentos técnicos

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos desenvolveu-se a realização de uma coleta de dados reais em um moinho industrial com objetivo de viabilizar a análise de regressão linear.

3.7 Procedimento experimental

Os dados utilizados para realização da regressão linear múltipla foram obtidos em um diagrama industrial, com capacidade de processamento de 360 t/dia, e com as seguintes especificações técnicas: Superfície de contato real de 9,0 mm/100Kg/24h e Superfície de peneiração de 0,050 m²/ 100 Kg / 24 h.

As amostras de trigo a serem analisadas foram coletadas antes do primeiro estágio de trituração, e a taxa de extração verificada foi calculada com base no total de farinha produzida, dividido pela soma de farinha e o total de farelo produzido. Para cada amostra de trigo coletada realizou-se a verificação da umidade do grão, a dureza do mix de trigo, da distribuição do tamanho do grão e o peso de mil grãos e o cálculo da taxa de extração, conforme descrito na tabela 1.

3.7.1 Umidade do grão:

A umidade do grão foi determinada utilizando-se uma termobalança Brabender, a partir da moagem de 10 g de trigo em moinho laboratorial PERTEN e a amostra aquecida a 130°C por 60 minutos (Uma hora). Após esse intervalo de tempo realiza-se a leitura do valor de umidade na própria escala do equipamento.

3.7.2 Peso de mil grãos (pmg):

É obtido da pesagem de mil grãos de trigos sadios, limpos e isentos de materiais estranhos e impurezas. Esta análise é de grande importância pois verifica o potencial que a semente de trigo apresenta para a produção de farinha de trigo, pois quanto maior o valor determinado, maior é a quantidade de material amiláceo no endosperma do cereal que está disponível para ser transformado em produto final. Este valor é corrigido para base seca (0 % de umidade).

3. 7.3 Distribuição do tamanho do grão:

É determinado pela peneiração de 200 g de trigo em plansifter laboratorial modelo ROTAP por 60 segundos, utilizando-se as telas de 2400 microns (7 W), 1800 microns (9 W) e 800 microns (12 W) sobrepostas. Calcula-se o percentual de trigo retido em cada uma das telas. Devido aos baixos percentuais de trigo retidos em tela de 800 microns, optou-se por desconsiderar essa análise nas regressões realizadas. A medida que a massa de grão apresenta uniformidade na distribuição do tamanho, menores são as oscilações dentro de um processo industrial a essa uniformidade é fundamental para otimização dos processos comerciais de moagem de trigo.

3. 7.4 Dureza do grão :

Esse valor é obtido através da moagem de 20 g de trigo conforme metodologia AACC 55-30 ano 2000, utilizando-se um moinho laboratorial PERTEN utilizado usualmente para preparação de amostra que se pretende verificar o percentual de umidade, e peneira-se esse material moído em tela de 425 microns por 30 segundos. O percentual de material que é peneirado na tela de 425 microns é denominado a dureza do grão. Quanto maior esse percentual, mais mole é o grão. Essa variável independente, está correlacionada com a quantidade de água adicionada ao grão e também ao tempo de descanso utilizados na etapa de condicionamento do grão. Desta forma, é uma variável independente em que há a possibilidade de ser controlada através do gerenciamento do tempo de descanso e da umidade final desejada para o grão trigo antes do primeiro estágio da trituração.

Com base nesses resultados utilizou-se o software Excel da Microsoft Co., para realizar as propostas de regressões. Os modelos de equações foram sendo alterados afim de se obter melhores valores para o R² .

Inicialmente os dados utilizados foram retirados do banco de dados disponível na unidade moageira. Os resultados estão descritos nas tabelas 1,2 e 3.

Extração	Dureza	Pmg	7w	9w
76,68	20,6	33,1	86,46	12,84
77,41	16,8	32,9	85,98	13,24
76,71	20,6	33,1	86,48	12,85
77,46	19,6	33,4	87,21	12,36
75,26	20,6	33,1	86,46	12,84
75,09	20,6	33,1	86,48	12,85
75,38	20,6	33,1	86,48	12,84
76,9	20,4	33	86,33	12,82
75,04	17	32	88,1	11,4
74,34	21	32,6	87,98	11,33
76,47	18	32,1	88	11,34

Tabela 1. Valores de extração e os dados de dureza, peso de mil grãos e distribuição do tamanho do grão.

Utilizou-se também a combinação de variáveis independentes conforme descrito na Tabela 2 e na Tabela 3, afim de se obter novas análises que apresentassem maior valor de R2 .

Extração	Dureza	Dureza^2	pmg	7w	9w
76,68	20,6	424,36	33,1	86,46	12,84
77,41	16,8	282,24	32,9	85,98	13,24
76,71	20,6	424,36	33,1	86,48	12,85
77,46	19,6	384,16	33,4	87,21	12,36
75,26	20,6	424,36	33,1	86,46	12,84
75,09	20,6	424,36	33,1	86,48	12,85
75,38	20,6	424,36	33,1	86,48	12,84
76,9	20,4	416,16	33	86,33	12,82
75,04	17	289	32	88,1	11,4
74,34	21	441	32,6	87,98	11,33
76,47	18	324	32,1	88	11,34

Tabela 2. Valores de extração e os dados de dureza, dureza elevado ao quadrado ,peso de mil grãos e distribuição do tamanho do grão.

Extração	Dureza	Dureza^2	dureza^3	pmg	7w	9w
76,68	20,6	424,36	8741,816	33,1	86,46	12,84
77,41	16,8	282,24	4741,632	32,9	85,98	13,24
76,71	20,6	424,36	8741,816	33,1	86,48	12,85
77,46	19,6	384,16	7529,536	33,4	87,21	12,36
75,26	20,6	424,36	8741,816	33,1	86,46	12,84

75,09	20,6	424,36	8741,816	33,1	86,48	12,85
75,38	20,6	424,36	8741,816	33,1	86,48	12,84
76,9	20,4	416,16	8489,664	33	86,33	12,82
75,04	17	289	4913	32	88,1	11,4
74,34	21	441	9261	32,6	87,98	11,33
76,47	18	324	5832	32,1	88	11,34

Tabela 3. Valores de extração e os dados de dureza, dureza elevado ao quadrado, dureza elevada ao cubo, peso de mil grãos e distribuição do tamanho do grão.

Na tabela 4, pode-se verificar os valores obtidos, e utilizados para posteriores análises e determinação das equações de regressão múltiplas, visto que os resultados obtidos nas regressões anteriores apresentaram valores de R² baixo de 0,80.

Para maior acuracidade e confiabilidade estatística dos dados, foi realizada nova amostragem e análise dos grãos utilizados para realização de nova regressão.

<i>Ext Inst</i>	<i>Umidade</i>	<i>Dureza</i>	<i>Peso mill graos</i>	<i>7w</i>	<i>9w</i>	<i>12w</i>
75,40	16,10	17,54	25,41	88,43	11,57	0,29
75,50	16,00	17,60	25,42	88,40	11,50	0,31
75,52	16,30	18,35	24,73	89,65	10,35	0,33
75,40	16,30	18,36	24,70	89,60	10,30	0,34
76,41	16,50	18,99	24,70	89,00	11,00	0,38
76,60	16,30	19,40	25,70	88,60	11,40	0,26
76,61	16,00	18,39	25,75	88,59	11,41	0,25
77,00	15,60	17,69	25,88	89,60	10,44	0,21
77,04	15,50	17,67	25,88	89,57	10,43	0,20
75,30	16,10	17,60	25,60	89,80	10,40	0,30
75,31	16,00	17,60	25,56	89,70	10,30	0,29
75,90	16,00	17,97	25,71	88,55	11,50	0,30
75,80	15,90	17,97	25,71	88,53	11,47	0,32
75,98	16,05	18,09	25,44	89,08	10,93	0,29

Tabela 4. Dados experimentais utilizados na regressão.

4. Resultados e Discussão

O resultado encontrado para a equação de regressão linear múltipla utilizando os valores da tabela 1, foi:

$$Y = -0,73497 \text{ dureza} + 3,438488 \text{ pmg} - 3,57404 \text{ 7W} - 4,45898 \text{ 9W} + 343,5007$$

As tabelas 4,5 e 6 mostram os valores da estatística das regressões realizados com os dados das tabelas 1,2 e 3.

Estatística de regressão

R múltiplo	0,752465873
R-Quadrado	0,56620489
R-quadrado ajustado	0,27700815
Erro padrão	0,912016731
Observações	11

Tabela 4: Estatística de regressão obtidos no software Excel para a regressão da tabela 1.

Por esta regressão verifica-se que o tamanho do grão retido na tela 7W apresentou maior significância quando analisa-se o coeficiente encontrado para esta variável independente. Valor negativo sinalizando que é inversamente proporcional a taxa de extração obtida. Entretanto, o valor determinado para o R2 não foi satisfatório e menor que 0,8.

O resultado encontrado para a equação de regressão linear múltipla utilizando os valores da tabela 2 , foi:

$$Y = 16,19534 \text{ dureza} - 0,44616 \text{ dureza}^2 + 2,562804 \text{ pmg} - 4,50706 \text{ 7W} - 4,07561 \text{ 9W} + 300,365$$

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,880371188
R-Quadrado	0,775053429
R-quadrado ajustado	0,550106858
Erro padrão	0,719433723
Observações	11

Tabela 5: Estatística de regressão obtidos no software Excel para a regressão da tabela 2.

Por esta regressão verifica-se que a dureza do grão apresentou maior significância quando analisa-se o coeficiente encontrado para esta variável independente. Valor positivo sinalizando que é diretamente proporcional a taxa de extração obtida. Entretanto, o valor determinado para o R2 não foi satisfatório e menor que 0,8, porém muito maior que o valor encontrado anteriormente para os

valores da Tabela 1.

O resultado encontrado para a equação de regressão linear múltipla utilizando os valores da tabela 3 , foi:

$$Y = - 83,5335 \text{ dureza} + 4,8538 \text{ dureza}^2 - 0,09356 \text{ dureza}^3 + 2,46199 \text{ pmg} - 4,85661 \text{ 7W} - 5,47331 \text{ 9W} + 963,4855$$

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,881990617
R-Quadrado	0,777907449
R-quadrado ajustado	0,444768623
Erro padrão	0,799232444
Observações	11

Tabela 6: Estatística de regressão obtidos no software Excel para a regressão da tabela 3.

Analisando os valores obtidos na equação linear múltipla realizados com a utilização dos dados da tabela 3, verifica-se que a significância da dureza para a equação é aumentada , sinalizando que a dureza do grão é um fator determinante para otimização do rendimento obtido na taxa de extração. Assim como determinado nas regressões anteriores, o valor encontrado para o R2 ficou também abaixo de 0,8 e ligeiramente maior que o valor encontrado na regressão anterior.

O resultado encontrado para a equação de regressão linear múltipla utilizando os valores da tabela xxx , foi:

$$Y = -3,39 \text{ H}_2\text{O} + 1,20 \text{ dureza} - 1,19 \text{ pmg} + 2,88 \text{ 7W} - 3,26 \text{ 9W} - 5,10 \text{ 12W} - 152,26$$

RESULTADO DA REGRESSÃO:

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,953007
R-Quadrado	0,908223
R-quadrado ajustado	0,829557
Erro padrão	0,26098
Observações	14

Tabela 7 estatística da regressão.

Analisando os valores obtidos na equação linear múltipla realizados com a utilização dos dados da tabela XX, verifica-se que a significância da umidade, da dureza e peso de mil grãos apresentaram valores bastante próximos bem como os coeficientes determinados para a classificação do tamanho de grão. Dentre todas as variáveis estudadas as únicas que podem ser gerenciadas pelos condutores do processo são a umidade final do grão e a dureza, e por esse motivo são de grande importância para otimização do processo em análise.

Determinou-se também o valor do R2 que ficou satisfatório para uma análise inicial do processo, pois o valor encontrado 0,908223 indica que em mais de 90% das situações a regressão linear múltipla pode ser aplicada dentro do diagrama de moagem pesquisado.

5. Conclusão

A utilização de valores obtidos em um diagrama industrial, com a aplicação da ferramenta estatística de regressão linear múltipla é de grande importância e utilidade para melhoria dos resultados de rendimento de um processo industrial, pois torna a ferramenta aplicável a um processo comercial onde se pode mensurar os benefícios e ganhos reais disponíveis no processo.

Os valores dos coeficientes determinados para umidade, dureza, tamanho do grão indicam que as variáveis utilizadas para a regressão apresentaram ordem de grandeza próximas indicando que nenhuma delas apresentou maior significância para a regressão e conseqüentemente para a condução do processo. Entretanto faz-se necessário acompanhar nos processos industriais as únicas variáveis que se pode gerir, ou seja, acompanhar o seu valor e em caso de necessidade alterar-se o valor final obtido antes do processo de moagem que são a umidade final do grão e a dureza do grão.

Para que a regressão possa ser utilizada como ferramenta de apoio ao processo de moagem industrial de trigo é importante a acurácia na coleta de dados, e a partir dessa coleta uma análise de como otimizar o processo e aumentar o rendimento do processo.

O presente trabalho atingiu os objetivos específicos de identificar quais as variáveis independentes são significativas para a otimização do processo de moagem, e também a avaliação do ajustamento multivariado para diferentes

amostras.

Por fim , a otimização do processo industrial de moagem de trigo através da regressão linear múltipla é possível pelo gerenciamento das variáveis umidade e dureza do grão, visto que estas são variáveis independentes que possibilitam interação e controle durante o processo pesquisado.

6.Referências

Agência Nacional Vigilância Sanitária(ANVISA).www.anvisa.gov.br/legis/index.htm

American Association of Cereal Chemists (AACC) International 2000. Approved Method of AACC International 10th ed. Methods . Minnesota, St. Paul.

CAMPBELL,G.M, FANG,C.,MUHAMAD,I.I. On predicting roller milling performance VI. Effect of kernel hardness and shape on the particle size distribution from first break milling of wheat. Chemical Engineers, vol 85,nº7,UK,2007

GIL, A.C. **Como elaborar Projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1996.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002

GODOY, A.S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, v.35, n. 2, p. 20-29, Mar. 1995.

KHAN, Khalil ,SHEWRY, R. **Wheat Chemistry and Technology**.AACC International, Inc. St.Paul, Minnesota,4ed, USA, 2009.

LAKATOS, E. M. MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

LAKATOS, E. M. MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

POSNER, E.S. Back to the issue of wheat grinding.Cereal World ,1988,vol 4,nº33.

POSNER, E. S. , HIBBS , Arthur N. Wheat Flour Milling. AACC International, Inc. St.Paul, Minnesota, 2ed,USA, 2005.

TRIOLA, Mario F. Introdução à ESTATÍSTICA. LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S/A,10 ed, Rio de Janeiro, 2008.