

Estudo das variáveis que comprometem o rendimento acabado em tintas imobiliárias através da implementação do controle estatístico do processo **Study of the variables that compromise the finished yield in architectural paints through the implementation of statistical process control**

Isadora da Silva^{1*}, Rosita Manoel Luciano², Carolina Resminin Melo Marques³, Aline Resmini Melo³

^{1*}isadora.silva21@outlook.com

¹UniSatc – Centro Universitário Satc – Criciúma (SC), discente.

²Empresa Resicolor – Siderópolis (SC), colaboradora.

³UniSatc – Centro Universitário Satc – Criciúma (SC), docente.

Resumo

Foram analisados resultados de ensaios laboratoriais em uma Empresa no setor de tintas imobiliárias, que pertence ao Programa Setorial de Qualidade. Para avaliação do sistema de medição, realizou-se os ensaios de Determinação da Massa Específica de Tintas para Edificação não Industriais e Determinação do Poder de Cobertura de Tinta Seca e Rendimento Teórico. Os testes foram realizados em tinta acrílica Premium branca, com intuito de avaliar a repetitividade e estabilidade. Foram implementadas técnicas estatísticas: tratamento de dados, Escore-Z e cartas de controle. Sendo avaliada a repetitividade de um ensaio juntamente com o operador responsável e a influência de características físicas perante um período estimado. Através do escore Z, os resultados foram satisfatórios, demonstrando que o método utilizado e o operador responsável apresentaram uma boa repetitividade. Apenas um resultado foi questionável, sendo assim possível encontrar as variáveis de processo. Para estabilidade o estudo indicou a inexistência de relação entre a variação da viscosidade e a variação do rendimento acabado, e através das cartas de controles foram encontradas as causas comuns e especiais. Com o conhecimento das variáveis, as causas comuns serão controladas e as especiais eliminadas, garantindo uma maior qualidade no processo por meio de uma análise estatística.

Palavras-chave: Repetitividade; estabilidade; cobertura; rendimento; premium.

Abstract

Results of laboratory tests were analyzed in a company in the residential paint sector, which belongs to the Sectorial Quality Program. To evaluate the measurement system, tests were carried out to determine the specific mass of paints for non-industrial buildings and to determine the covering power of dry paint and theoretical yield. The tests were carried out in white Premium acrylic paint, in order to assess repeatability and stability. Statistical techniques were implemented: data treatment, Z-score and control charts. Assessing the repeatability of a test together with the responsible operator and the influence of physical characteristics over an estimated period. Through the Z score, the results were satisfactory, demonstrating that the method used and the responsible operator presented good repeatability. Only one result was questionable, making it possible to find the process variables. For stability, the study indicated the inexistence of a relationship between the viscosity variation and the finished yield variation, and through the control charts common and special causes were found. With the knowledge of the variables,

the common causes will be controlled and the special ones eliminated, guaranteeing a higher quality in the process through a statistical analysis.

Keywords: Repeatability; stability; roof; Yield; premium.

Introdução

O setor de tintas é considerado um ramo muito forte, com grandes tendências ao crescimento, e para permanecer com essa expansão constante é necessário que o produto oferecido mantenha sua qualidade em todos os aspectos.

Para as tintas imobiliárias a qualidade é analisada através de diversos testes laboratoriais, sendo eles normatizados pela Associação de Normas Técnicas Brasileira (ABNT) e aprovados conforme o Programa Setorial da Qualidade (PSQ).

Entre os ensaios realizados, destaca-se a análise do poder de cobertura de tinta seca e consequentemente o rendimento acabado, pois estes definem especificações que influenciam desde o produtor de tinta até o consumidor final. O rendimento acabado indica através de valores numéricos quantos metros quadrados a tinta contida na embalagem conseguirá cobrir, tendo assim, uma pintura total da área desejada.

Devido a importância desse ensaio é necessário que os resultados expressados para ele sejam tecnicamente confiáveis, e que as variáveis de processos (PV) sejam estudadas e conhecidas por todos os técnicos que o realiza.

Em todos os processos industriais, principalmente os manuais, é normal existirem PV's que podem alterar a produção, o produto e os resultados nos testes de qualidade. Para redução dessa variabilidade é preciso uma pesquisa, coleta de dados e incrementação de um controle estatístico.

O controle estatístico de processo (CEP) permite a garantia da qualidade através da estatística, o procedimento consiste em checar constantemente a fabricação do produto com a intenção de identificar e eliminar previamente as variações que prejudicam a qualidade [1].

O presente trabalho tem como objetivo qualificar a repetitividade e estabilidade nos resultados provenientes do ensaio de rendimento acabado de uma indústria fabricante de tintas imobiliárias no Sul de Santa Catarina, avaliando as variações em relação ao operador e ao desempenho das medidas com passar do tempo.

Através dos resultados desse estudo, deseja-se aprimorar o sistema de qualidade laboratorial, trazendo a estabilidade dos resultados de ensaio e reduzindo custos que são provocados devido à falta de segurança nos resultados apresentados. Com a implementação dessas novas técnicas de análise estima-se minimizar a variabilidade no processo e consequentemente ocorrerá o aumento da produtividade.

Revisão bibliográfica

Neste capítulo são apresentados conteúdos referentes as literaturas que auxiliaram no progresso desse estudo. Sendo assim a revisão bibliográfica aborda temas referentes a tintas, normas vigentes e tratamento de dados.

Tinta

O Brasil é considerado o quinto maior produtor global de tintas do mundo, ficando atrás apenas dos EUA, China, Índia e Alemanha. Além de ser conhecido como um grande produtor, seu mercado consumidor também é visto como um dos maiores do mundo. É um setor consolidado contando com mais de quatrocentas empresas que empregam diretamente 16 mil pessoas [2].

Desde as sociedades pré-históricas existem alguns registros do uso de tintas, com o passar do tempo o produto sofreu diversas evoluções e atualmente é conhecida por ser um líquido viscoso utilizado para embelezar e proteger superfícies [3].

As tintas imobiliárias são formuladas através do processo de dispersão, onde as partículas sólidas serão distribuídas nos componentes líquidos e sua composição química é basicamente formada por resinas, aditivos, pigmentos e solventes [4].

A resina é considerada a parte não volátil da tinta, através dela as partículas são aglomeradas durante a formulação. Uma das suas funções mais importantes é a capacidade de adicionar durabilidade e resistência a tinta [3].

Os pigmentos são materiais em pó que auxiliam em algumas características como cobertura, durabilidade, consistência e facilidade para lixar. Os pigmentos podem ser orgânicos, esses não possuem função anticorrosiva, porém possuem uma maior durabilidade em relação a cor, e inorgânicos que são conhecidos como pigmentos verdadeiros ou ativos e inertes ou cargas [4].

O solvente é um líquido volátil utilizado para dissolver a resina, são classificados como ativos ou verdadeiro, sendo esses os compatíveis com a resina, e os falsos que possuem um grau baixo de solvência [3].

Os aditivos são utilizados em pequenas quantidades e proporcionam características diferenciadas às tintas, evitando defeitos no revestimento e melhorando o desempenho nas aplicações. Na indústria de tintas é comum encontrar secantes, antiespumante e antissedimentantes classificados como aditivos [5].

Viscosidade

A viscosidade é caracterizada como a resistência de um fluido ao escoamento, definida através da relação de tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento. Nos líquidos Newtonianos a viscosidade não depende da taxa ou tensão de cisalhamento [6].

Em uma indústria de tinta a viscosidade pode ser considerada um dos principais parâmetros de qualidade, podendo afetar inclusive outras características que impactam no custo do produto, como por exemplo uma viscosidade muito alta pode acarretar graves danos, como defeitos no filme, bolhas e texturas irregulares [6].

Devido a essas incoerências que ocorrem devido a problemas na viscosidade, a indústria de tintas mantém um rigoroso controle de qualidade referente à essa propriedade, utilizando para tinta látex normalmente o viscosímetro *Brookfield*, mantendo através de ensaios laboratoriais a qualidade do seu produto [7].

Programa Setorial da Qualidade

O programa setorial da qualidade (PSQ) iniciou em 2002, com a intenção de elaborar mecanismos para que as tintas usadas em construção civil apresentem desempenho satisfatório para atender as necessidades dos usuários sem prejudicar a competitividade entre os fabricantes. Os principais objetivos do programa visando a qualidade são, manter a qualidade do produto conforme as especificações

normativas, prover de confiança os participantes do programa, prover de confiança os compradores do produto e lutar diariamente para combater as não conformidades [8].

O PSQ é coordenado pela ABRAFATI (Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas), sendo que essa possui como projeto principal o Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras (SiAC) [9].

O SiAC tem como principal alvo a evolução da qualidade do setor de construção civil por meio de tecnologia e inovação, a meta desse sistema é aumentar a produtividade e tornar o setor mais competitivo, seguindo sempre as especificações das normas técnicas [9].

As tintas látex são avaliadas em quatro categorias, Econômicas, Standard Premium e Super Premium. As indústrias associadas ao PSQ devem seguir aos requisitos apresentados no Quadro 1 [8].

Quadro 1: Requisitos Normativos.

Tinta Látex	Método de ensaio	Norma	Especificação
Super Premium	Determinação do poder de cobertura de tinta seca	NBR: 14942	8,0 m ² / L
	Determinação do poder de cobertura de tinta úmida	NBR: 14943	90%
	Determinação de resistência à abrasão úmida com pasta abrasiva	NBR: 14940	200 ciclos
Premium	Determinação do poder de cobertura de tinta seca	NBR: 14942	6,0 m ² / L
	Determinação do poder de cobertura de tinta úmida	NBR: 14943	90%
	Determinação de resistência à abrasão úmida com pasta abrasiva	NBR: 14940	100 ciclos
Standard	Determinação do poder de cobertura de tinta seca	NBR: 14942	5,0 m ² / L
	Determinação do poder de cobertura de tinta úmida	NBR: 14943	85%
	Determinação de resistência à abrasão úmida com pasta abrasiva	NBR: 14940	40 ciclos
Econômica	Determinação do poder de cobertura de tinta seca	NBR: 14942	4,0 m ² / L
	Determinação do poder de cobertura de tinta úmida	NBR: 14943	55%
	Determinação de abrasão úmida sem pasta abrasiva	NBR: 15078	100 ciclos

Fonte: Adaptado de [8]

Ensaio normatizado

Nesta seção será apresentada a normativa relacionada ao ensaio laboratorial realizado durante o desenvolvimento desse estudo.

Conforme a normativa dentro do ensaio de determinação do poder de cobertura de tinta seca e rendimento teórico (ABNT NBR 14942:2019) existe três definições que podem ser encontradas através de valores numéricos. O poder de cobertura de uma película de tinta seca, que é a área máxima aplicada em metros quadrados por unidade de volume, que apresente razão de contraste de 98,5%. O rendimento teórico de área acabada que apresente razão de contraste mínima de 97,5% e rendimento prático, sendo ele, a quantidade de tinta gasta para pintar uma determinada área [10].

O ensaio de determinação de massa específica de tintas para deificação não industriais (ABNT NBR 15382:2017), tem como objetivo caracterizar o produto através da determinação da quantidade de massa específica de um corpo em relação ao seu volume, o resultado deste ensaio é encontrado através do quociente entre massa e volume, sendo sua unidade representada em gramas por centímetro cúbico [11].

Controle estatístico de processo

O controle estatístico de processo (CEP), baseia-se em um sistema de inspeção por amostragem, o CEP opera durante todo o processo, e verifica a presença de causas comuns, que são causas não naturais ao processo que prejudicam a qualidade do produto, e as causas especiais, essas não são pequenas e não seguem um padrão aleatório, por isso são chamadas também de causas assinaláveis [1].

As técnicas estatísticas têm sido utilizadas em diversas áreas de conhecimento, com o principal objetivo a otimização dos serviços através de um controle eficaz de qualidade [12]. Com a estatística é possível aumentar a capacidade do processo reduzindo retrabalhos e consequentemente influenciando na redução de custo provenientes da má qualidade [1].

As principais vantagens do CEP estão relacionadas a melhoria na qualidade, ou seja, ele auxilia reduzindo a variabilidade, aumentando a produção e maximizando os lucros. Devido ao controle rigoroso de processo é possível agir sobre o sistema sempre que necessário [12].

Os gráficos de controles são a principal ferramenta do CEP, o uso desses gráficos deve ser feito desde o início na implementação do controle, pois eles reduzem causas atribuíveis, minimizam a variabilidade do processo e estabilizam o desempenho dele [13].

Em geral o CEP age sobre as causas especiais e opera em uma escala mais longa, pois as causas especiais são identificadas e eliminadas ao longo do tempo, no final ele atinge um processo livre de unidades defeituosas, que atende as especificações e o desempenho independe da inspeção [1].

Cartas de controle

As cartas de controle representam graficamente uma ou mais característica de qualidade provenientes da amostra do processo. Na representação do gráfico é visível três linhas horizontais, sendo que a central (LC) representa o valor médio da característica em estudo, e as linhas superiores (LSC) e inferiores (LIC) representa os limites do controle. Os pontos fora dos limites indicam a existência de causas especiais [14].

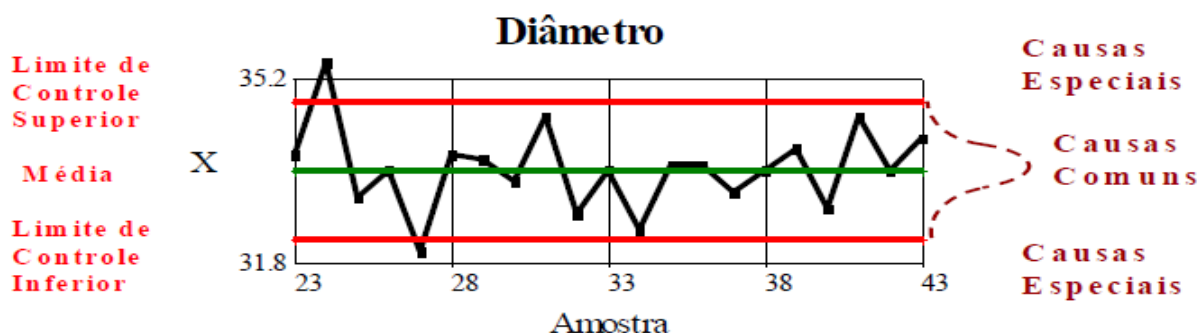
As cartas de controle para variáveis representam a aplicação clássica de controle de processo, e as vantagens em utilizá-las está relacionado a custos menores e lapso de tempo mínimos, ou seja, a ação corretiva pode ser encurtada. Esse tipo de carta é considerado mais poderosa do que as de atributos pois com elas a análise de desempenho do processo pode ser feita mesmo quando todos os lotes estão dentro das especificações [1].

As cartas para atributos tornam-se interessantes quando as características estudadas são comparadas com um certo padrão e, devido aos atributos existirem na maioria dos processos, encontra-se grande aplicação para esse tipo de carta. As vantagens desse modelo estão no possível uso de dados históricos, não necessitando de uma nova coleta e não é preciso de especialização para coletar os dados. A leitura da

carta de controle é feita através dos seus limites de controle, ou seja, se os pontos ultrapassarem as linhas dos limites de controle indica que o processo apresenta causas especiais, caso os pontos permaneçam dentro dos limites de controle superior e inferior o processo apresenta apenas causas comuns [1].

A Figura 1 apresenta uma carta de controle e a forma correta de fazer a leitura conforme os limites de controle superior, inferior e médio.

Figura 1: Exemplo de uma carta de controle.



Fonte: [1]

Repetitividade

Os sistemas de medições possuem uma certa variabilidade, ou seja, nem sempre apresentam o mesmo valor, a repetitividade é uma das técnicas utilizadas para analisar essas variações, sendo assim, pode-se definir repetitividade como a variação do dispositivo de medida observada quando um ensaio é realizado nas mesmas condições repetidas vezes [15].

Para uma boa análise da repetitividade é necessário seguir algumas recomendações, como por exemplo: o processo deve ser realizado por um mesmo operador, e esse não deve saber que está medindo a mesma peça. Um sistema com pequenas diferenças de leituras indica uma boa repetitividade [1].

Essa técnica pode ser aplicada em diversas partes do controle estatístico, pode ser utilizada sozinha ou em conjunto, com a reprodutibilidade, sendo sempre classificatória, ou seja, através dos seus resultados é possível indicar em que nível de satisfação se encontra o sistema analisado [16].

Escore Z

Através do escore Z é possível avaliar o desempenho do operador, podendo assim verificar a sua repetitividade mediante aos ensaios realizados pelo próprio [16]. Essa técnica estatística é dada quando uma medida se afasta da média em termos de desvio padrão. Quando os valores encontrados são positivos indicam que os dados estão acima da média, e quando são negativos significa que os dados estão abaixo da média [17].

O primeiro passo é calcular o primeiro (Q1) e terceiro (Q3) quartil, através da função do Excel Quartil.inc, ela apresentará o quartil do conjunto de dados [16].

O segundo passo é calcular a amplitude Interqualítica Normalizada (IQN), conforme a Equação (1) [16].

$$IQN = (Q3 - Q1)0,7413 \quad (1)$$

Onde:

IQN = amplitude interqualítica (---);

Q3 = Terceiro quartil (---);

Q1 = Primeiro quartil (---).

O terceiro e último passo é calcular a diferença padronizada, Equação (2); e o escore Z, Equação (3) [16].

$$D = \frac{B - A}{\sqrt{2}} \quad \text{ou} \quad \frac{A - B}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

Onde:

D = escore bruto (---);

A = valor referente a amostra A (---);

B = valor referente a amostra B (---).

$$Z = \frac{D - md(D)}{IQN(D)} \quad (3)$$

Onde:

Z = escore-Z ou escore padrão (---);

D = escore bruto (---);

Md = mediana de D (---);

IQN = amplitude interqualítica de D (---).

A classificação dos resultados é feita da seguinte forma: se $|z| \leq 2$: o resultado é considerado satisfatório; se $2 < |z| < 3$ é considerado questionável e $|z| \geq 3$ é considerado insatisfatório [18].

Estabilidade

A estabilidade está relacionada com o tempo, ou seja, uma peça é medida ao longo de um tempo planejado, podendo ser dias ou semanas, e os resultados são plotados em uma carta de controle. Como está sendo medido a mesma peça em relação ao tempo, as leituras devem ser sempre as mesmas, porém nem sempre isso acontece, sendo que essa variabilidade apresentada na carta de controle deve ser estudada [1].

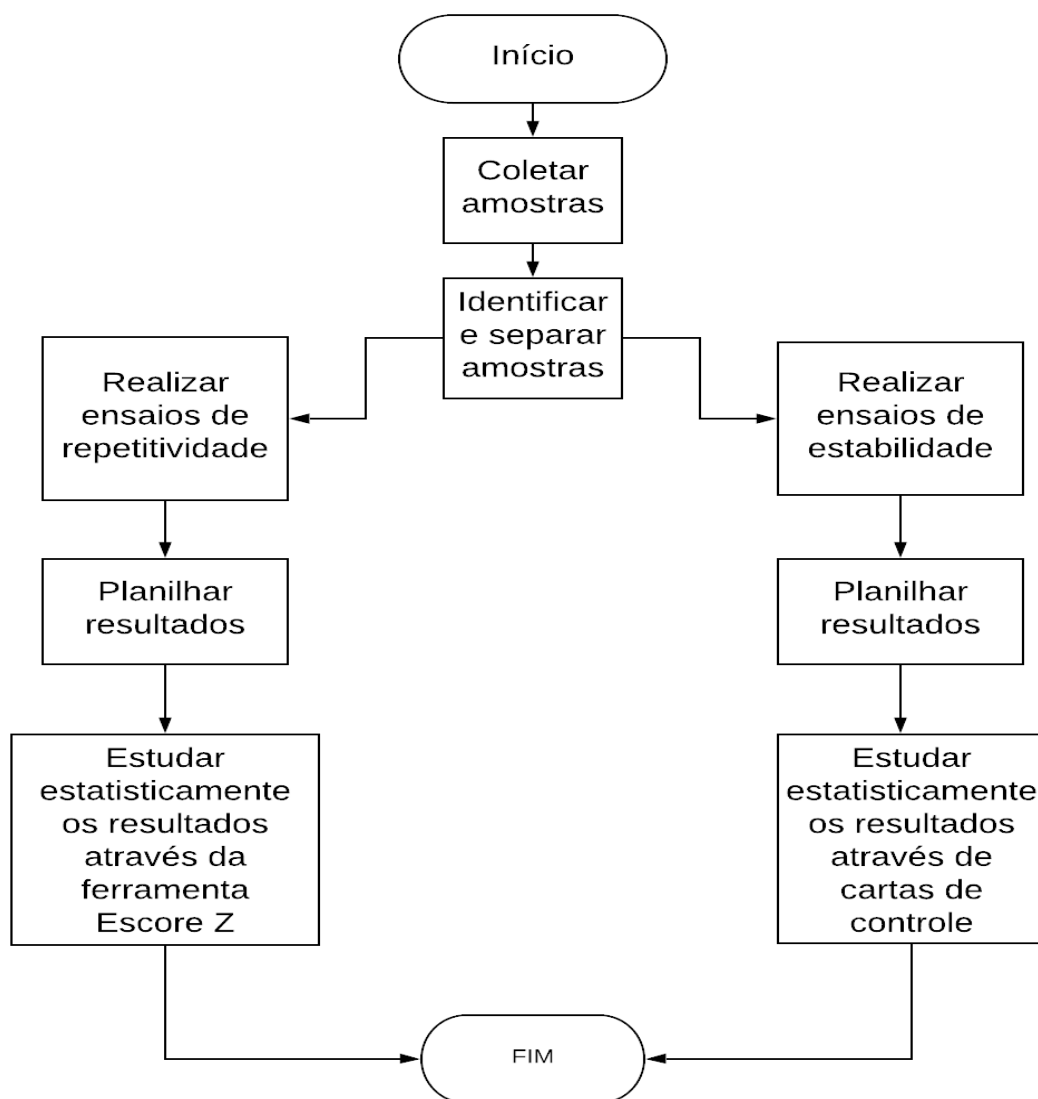
Os principais objetivos da estabilidade consistem em avaliar a integração do sistema de medição e meio ambiente, desgaste de componentes e ajustes de dispositivos [19].

Os principais fatores que interferem na estabilidade são: instrumentos de medição que perderam a calibragem, operadores não treinados e operadores expostos a fadiga. Para verificar a estabilidade é preciso seguir alguns passos, sendo eles: obter a amostra padrão do estudo, efetuar as medidas em relação ao tempo, marcar os resultados em uma carta de controle, estabelecer os limites e através deles avaliar a instabilidade [1].

Procedimentos experimentais

Na Figura 2 está representado o desenvolvimento do planejamento experimental através de um fluxograma.

Figura 2: Fluxograma do processo experimental.



Fonte: Do autor (2021)

A parte experimental desse estudo iniciou com a coleta das amostras escolhidas e logo em seguida separação e identificação para realização dos testes. A quantidade de amostras e lotes selecionados foram escolhidos visando a possibilidade de visualizar as variáveis de processo, sendo assim, para o teste de estabilidade foram escolhidas sete amostras da linha Premium semi brilho sendo elas de lotes diferentes, e para repetitividade uma amostra da linha Premium fosca [16].

Nos dois testes, as amostras escolhidas foram lotes aleatórios de produção, com intuito de avaliar também o processo. Os testes foram repetidos nas mesmas condições e por um mesmo operador, descartando as possíveis variáveis que ocorrem em relação a operadores diferentes. As tintas escolhidas foram homogeneizadas e preparadas para os respectivos ensaios. Após os ensaios realizados foram construídas planilhas com os resultados e iniciou-se os estudos através delas. Para o estudo da estabilidade foram realizados ensaios de viscosidade, densidade e determinação do poder de cobertura seca e rendimento teórico no dia da liberação da amostra, e após um repouso de quinze dias. Com os resultados encontrados foi possível plotar cartas de controle e avaliar a influência da viscosidade em relação ao tempo nas tintas imobiliárias [1].

Para a repetitividade foram escolhidas duas amostras de um mesmo lote, caracterizadas como amostra A e amostra B. A tinta ficou em repouso vinte dias após a liberação para eliminar possíveis variáveis, como por exemplo o aumento da viscosidade. Após esse período, foi repetido cinco vezes os testes de cobertura seca e rendimento teórico para amostra A e B, construindo assim um cenário de repetitividade. Com a obtenção desses valores e através do escore Z foram realizadas análises estatísticas do sistema, e avaliado o método [16].

Resultados e discussões

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos através dos ensaios descritos no procedimento experimental. O capítulo está dividido em duas partes, sendo que as duas são referentes ao ensaio de poder de cobertura de tinta seca. A primeira parte apresenta os resultados obtidos através da análise estatística da repetitividade e a segunda contém as análises de estabilidade e para os ensaios de repetitividade foi estudado a linha de tinta Premium fosca e para estabilidade Premium semi brilho.

Resultados de repetitividade

Os resultados de repetitividade foram estudados através dos cálculos referentes ao escore Z. Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da repetitividade através do Escore Z para o ensaio de rendimento acabado, e na Tabela 2 estão apresentados os resultados do Escore Z para cobertura seca, todos esses valores são provenientes do ensaio regido pela ABNT NBR 14942:2019 Determinação do Poder de Cobertura de Tinta Seca e Rendimento Teórico.

Os resultados do Escore Z são avaliados da seguinte forma: se $|z| \leq 2$: o resultado é considerado satisfatório; se $2 < |z| < 3$ é considerado questionável e $|z| \geq 3$ é considerado insatisfatório [18].

Observa-se através dos cálculos realizados que para os testes de cobertura seca e rendimento acabado, quatro das cinco amostras analisadas apresentaram resultados satisfatório, indicando uma boa repetitividade no sistema de medição e apenas uma é considerada questionável.

Devido à presença desse resultado questionável nesse sistema influenciando na repetitividade, todo o sistema foi reavaliado para encontrar e eliminar as possíveis variáveis que acarretaram esse problema. Os principais fatores que estão relacionados a falhas na repetitividade são erros no método, erros no avaliador, erros no ambiente e falhas na aplicação [20]. No sistema estudado foi possível observar algumas dessas falhas, sendo uma delas erros no ambiente, pois nos dias em que os ensaios foram realizados a sala utilizada não estava devidamente climatizada, o que interfere na secagem da película de tinta, através desse estudo também foram identificadas falhas no método, já que foi identificado que a

calibração do aparelho é feita apenas uma vez no dia, é recomendado que o aparelho de medição utilizado nesse ensaio seja calibrado mais vezes ao dia, pois é utilizado com frequência. E por fim encontrou-se possíveis erros de aplicação da tinta, já que o equipamento utilizado para essa aplicação é novo e o técnico responsável estava passando pela validação do equipamento. Sugere-se que essas variáveis interferiram na repetitividade do ensaio, tornando um dos resultados questionável.

Tabela 1: Resultados do Escore Z para análise de repetitividade no rendimento acabado.

Análise de repetitividade [m²/18L]				
Ensaio	Amostra A	Amostra B	D	Escore-Z
Rendimento acabado	166	167	0,707	-2,698
Rendimento acabado	165	172	4,950	-0,674
Rendimento acabado	158	169	7,778	0,674
Rendimento acabado	154	165	7,778	0,674
Rendimento acabado	159	168	6,364	0,000
Med	159,000	168,000	6,364	
Q3	165,000	169,000	7,778	
Q1	158,000	167,000	4,950	
IQN	5,189	1,483	2,097	

Fonte: Do autor (2021)

Tabela 2: Resultados do Escore Z para análise de repetitividade na cobertura seca.

Análise de repetitividade [m²/L]				
Ensaio	Amostra A	Amostra B	D	Escore-Z
Cobertura Seca	9,41	9,66	0,177	0,000
Cobertura Seca	9,46	9,66	0,141	-0,482
Cobertura Seca	9,2	9,58	0,269	1,253
Cobertura Seca	9,28	9,25	-0,021	-2,698
Cobertura Seca	9,23	9,57	0,240	0,867
Med	9,280	9,580	0,177	
Q3	9,410	9,660	0,240	
Q1	9,230	9,570	0,141	
IQN	0,133	0,067	0,073	

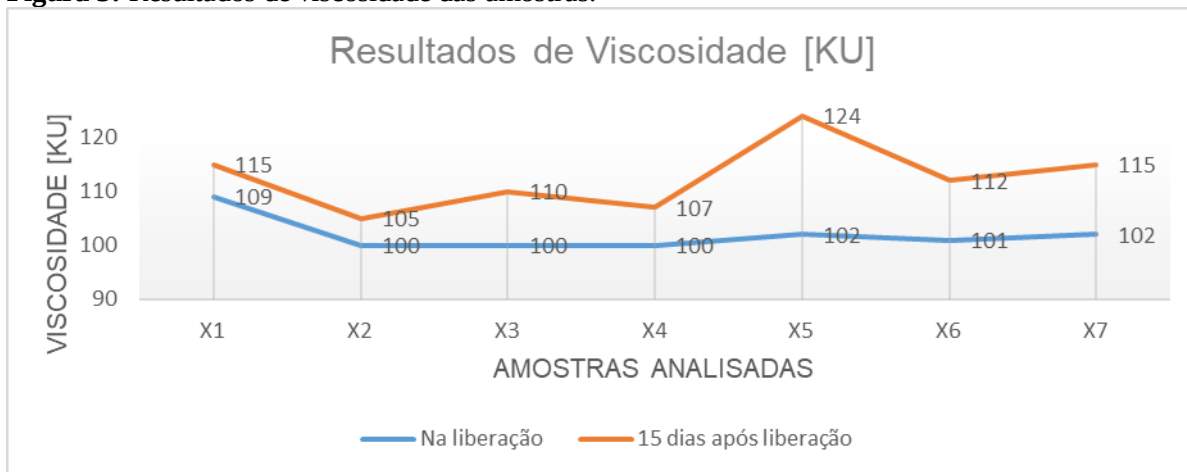
Fonte: Do autor (2021)

Estabilidade

Os resultados de estabilidade foram estudados através de gráficos e cartas de controle. Na Figura 3 estão apresentados os resultados de viscosidade em KU medido no dia da liberação das amostras pelo controle de qualidade e quinze dias após a liberação. A Figura 4 apresenta uma carta de controle definindo os limites para os valores encontrados no ensaio de rendimento acabado no dia da liberação das amostras.

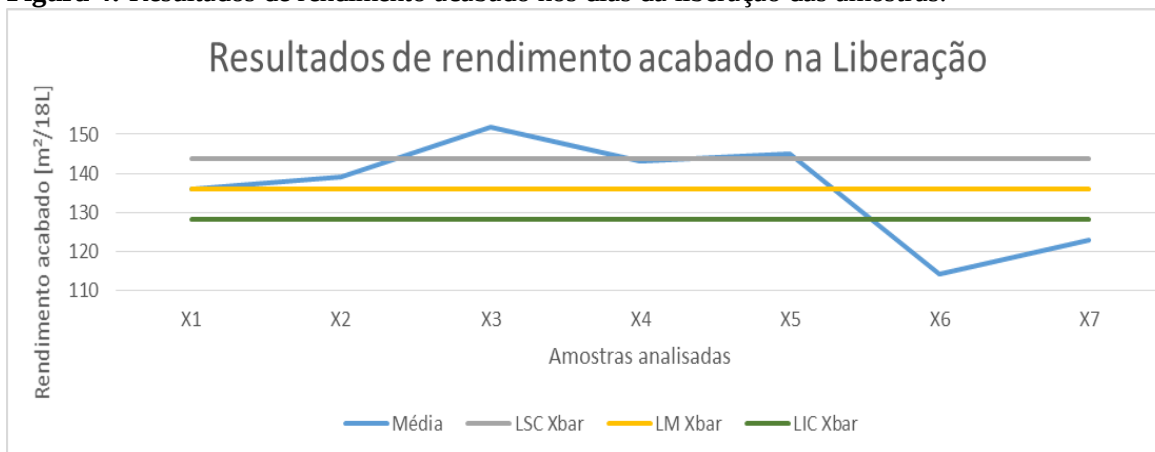
Na Figura 5 é possível visualizar os valores de rendimento acabado que foi repetido após quinze dias da liberação do controle de qualidade, e estão representados em forma de carta de controle com seus limites definidos.

Figura 3: Resultados de viscosidade das amostras.



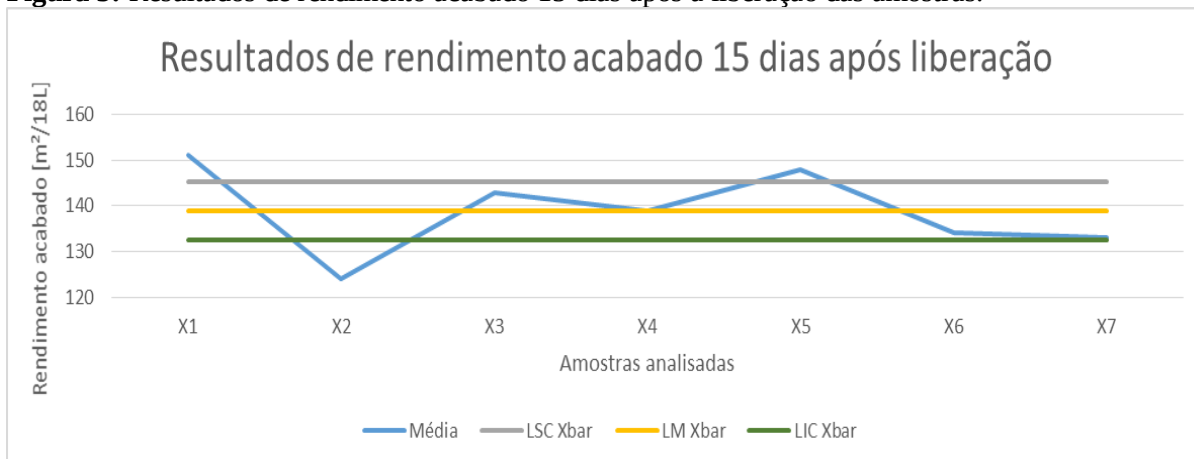
Fonte: Do autor (2021)

Figura 4: Resultados de rendimento acabado nos dias da liberação das amostras.



Fonte: Do autor (2021)

Figura 5: Resultados de rendimento acabado 15 dias após a liberação das amostras.



Fonte: Do autor (2021)

Observa-se na Figura 3 que com o passar dos quinze dias as amostras aumentaram significativamente os valores de viscosidade, essa variação ocorre devido ao uso do espessante acrílico, esse tipo de espessante precisa de no mínimo 24 h para completar 80% de sua reação na fórmula, ou seja, após 24 h a viscosidade pode aumentar pois o espessante ainda está reagindo. Observando as Figura 4 e Figura 5 é visível que esse aumento de viscosidade não está relacionado com o rendimento acabado, pois após os 15 dias em algumas amostras o rendimento aumentou, em outras diminuiu ou se manteve, não seguindo uma sequência de resultados, sendo assim é impossível relacionar a variação do rendimento com a variação da viscosidade.

As cartas de controle são utilizadas para apontar causas comuns ou causas especiais dos parâmetros estudados. Quando os valores da média apresentados na carta estão dentro dos limites médios (LM $\bar{X}$), limites inferiores de controle (LIC $\bar{X}$) e limites superiores de controle (LSC $\bar{X}$), indica a presença apenas de causas comuns, já quando estes valores ultrapassam os limites o processo estudado apresenta causas especiais. As causas especiais devem ser eliminadas e as comuns controladas [1].

O processo estudado apresentou tanto causas comuns como causas especiais. As causas comuns que interferiram no processo estão relacionadas a formulação, sendo elas, tamanho de tanque, tipo de balança e sua precisão, tipo de dispersor e formulador. O Quadro 2 apresenta as causas comuns de cada amostra.

Quadro 2: Causas comuns encontradas no processo.

Amostra	Formulador	Tamanho do tanque [L]	Tipo de balança	Precisão da balança [kg]	Tipo de dispersor
X1	A	1800	Chão industrial/ Plataforma	0,5	Cowles/caule
X2	A	1800	Chão industrial/ Plataforma	0,5	Cowles/caule
X3	A	1800	Chão industrial/ Plataforma	0,5	Cowles/caule
X4	A	1800	Chão industrial/ Plataforma	0,5	Cowles/caule
X5	A	1800	Chão industrial/ Plataforma	0,5	Cowles/caule
X6	B	6000	Célula de carga	2	Pás inclinada
X7	C	18000	Célula de carga	5	Pás inclinada

Fonte: Do autor (2021)

Para controlar as causas comuns é recomendado que a formulação da tinta seja feita sempre nas mesmas condições, usando o mesmo tamanho de tanque, tipo de balança, tipo de dispersor e formulador.

Observa-se na Figura 4 e 5 que após 15 dias o processo apresentou mais causas comuns, indicando uma busca por estabilidade, essa característica está relacionada com a fórmula das amostras. O Quadro 3 apresenta a relação entre as amostras e as causas encontradas no processo.

Quadro 3: Relação entre as amostras e as causas encontradas no processo.

Amostra	Mudanças na fórmula	Tipo de causa na liberação	Tipo de causa após 15 dias
X1	Teste com matéria-prima diferente	Comum	especial
X2	Teste com matéria-prima diferente	Comum	especial
X3	Teste com matéria-prima diferente (piloto aprovado)	Especial	comum
X4	Teste com matéria-prima diferente (semelhante ao X3)	Comum	comum
X5	Teste com ordem de adição diferente	Especial	especial
X6	Teste com matéria-prima diferente (piloto aprovado)	Especial	comum
X7	Teste com matéria-prima diferente (piloto aprovado)	Especial	comum

Fonte: Do autor (2021)

As amostras X3, X6 e X7 são a mesma fórmula e se comportaram de forma idêntica, após 15 dias encontraram estabilidade na sua fórmula e reações químicas, apresentando apenas causas comuns, que classifica o processo como satisfatório. O lote X4 é extremamente parecido com a fórmula da amostra X3, desde um primeiro momento ele apresenta apenas causas comuns, estima-se que as estabilidades de suas reações químicas foram alcançadas mais rápido, precisando de um menor tempo para apresentar apenas causas comuns ao processo. Como a amostra piloto aprovada apresenta apenas causas comuns após a estabilidade, todas as amostras que seguem essa fórmula devem apresentar o mesmo comportamento.

As causas especiais estão relacionadas as matérias-primas testadas nos diferentes lotes, a ordem de adição do produto e ao tempo de estudo. Estima-se que as amostras X1, X2 e X5 necessitam de um maior tempo para alcançar a estabilidade na sua reação.

Outra situação que acarreta uma má estabilidade é os operadores não estarem suficientemente treinados [1], neste caso ocorreram algumas mudanças na fórmula da tinta, trazendo uma nova rotina para formulação, sendo assim é preciso um certo tempo para o aperfeiçoamento dessa rotina.

Conclusões

Garantir a qualidade dos ensaios através das técnicas estatísticas trata-se de um estudo crítico e minucioso, onde cada variável precisa ser estudada, conhecida e eliminada. A estatística garante um processo linear e produtivo.

Através dos estudos da repetitividade em conjunto com escore Z foram encontrados resultados satisfatórios, quatro das cinco amostras analisadas apresentaram resultados satisfatórios, indicando uma boa repetitividade no sistema de medição e apenas uma é considerada questionável; sendo que as variáveis que acarretaram nos resultados questionáveis são erros no ambiente, falha no método e erros de aplicação, e elas podem ser controladas.

Notou-se que para estabilidade a relação entre variação de viscosidade e variação de rendimento é inexistente e as causas comuns e especiais do processo foram analisadas, indicando as principais variáveis que a Empresa estudada precisa controlar ou eliminar, para desenvolver um processo com maior qualidade.

Como sugestão para trabalhos futuros é a realização do ensaio de estabilidade em um maior período e voltar a avaliar as causas comuns e especiais, avaliando se o processo alcançou maior estabilidade nas suas reações químicas perante ao tempo.

A implementação no CEP através das ferramentas estatísticas de repetitividade e estabilidade no ensaio de rendimento apresentou resultados satisfatórios. Isso porque as variáveis de processo que comprometem o rendimento foram encontradas, sendo que o principal objetivo do trabalho foi encontrar as variáveis de processo para ser possível controlá-las, é possível afirmar que os objetivos foram alcançados.

Referências

- [1] RIBEIRO, José Luis Duarte; CATEN, Carla Schengber Ten. **Controle estatístico de processo:** cartas de controle par variáveis, cartas de controles para atributos, função de perda quadrática, análise de sistemas de medição. Porto Alegre: Feeng, 2012. 164 p. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/388_apostilacep_2012.pdf> Acesso em: 15 mar. 2021.
- [2] SOUZA, Gabriela Rocha; GIANEZINE, Miguelangelo; WATANABE, Melissa. Panorama do setor de tintas no brasil: mercado, gestão e tecnologias para o segmento de tintas imobiliárias. **Revista GEINTEC**, Aracaju, p. 4430-4446, jul/ago/ set 2018. Disponível em: <<http://www.revistageintec.net/index.php/revista/article/view/1110>>. Acesso em: 15 mar. 2021
- [3] FAZENDA, Jorge M.R **Tintas e vernizes: ciência e tecnologia**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: ABRAFATI, 2005. xix, 1044 p. ISBN 8521203748
- [4] ANGHINETTI, Izabel Cristina Barbosa. **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias**. 2012. 65 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Construção Civil, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <http://www.kroten.com.br/uploads/Downloads/2653dd90b725e6954cc175d8ecf431c6/tintas_-suas-propriedades-e-aplica%C3%87%C3%95es-imobili%C3%81rias.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2021.
- [5] RODRIGUES, Viviane Cristine; DINIZ, Milton Faria; MATTOS, Elizabeth da Costa; DUTRA, Rita De Cássia Lazzarini. Separação e identificação de aditivos em tinta por TLC-IR/ UATR e extração seletiva. **Polímeros: ciência e tecnologia**, São Carlos, p. 68-74, 19 jan. 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/po/v26nspe/0104-1428-po-0104-14281887.pdf>> Acesso em: 04 abr. 2021.
- [6] ADAMI, Vivian Sabben. **Estudo da variabilidade da viscosidade na produção de lotes de tintas-um projeto seis sigma**. 2002. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1976/000362605.pdf?sequence=1>. Acesso em: 02 maio 2021.

[7] SILVEIRA, Carlor Alberto. Uso do Viscosímetro Brookfield em Determinações Reológicas. **Revista polímeros**, São Carlos, p. 41-43, nov/dez-1991. Disponível em: < <https://revistapolimeros.org.br/article/5883712f7f8c9d0a0c8b4787/pdf/polimeros-1-1-41.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2021.

[8] TESIS. **Programa setorial da qualidade de tintas imobiliárias**: Resumo executivo do relatório setorial nº 070. 2021. Disponível em: < <https://www.tintadequalidade.com.br/files/RS070A.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

[9] PBQP-H. **Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil - SiAC**. Brasília, 2017. Disponível em: < http://pbqp-h.mdr.gov.br/projetos_siac.php>. Acesso em: 03 abr. 2021.

[10] ABNT. **NBR 14942**: Determinação do Poder de Cobertura de Tinta Seca. 2017. 7 p.

[11] ABNT. **NBR 15382**: Determinação da Massa Específica de Tintas para Edificação Não Industriais. 2017. 14 p

[12] BACKES, Juliana Andrea; PACHECO, Diego Augusto De Jesus. Controle estatístico de processos. **Revista Espacios**. Caracas, p. 21, 15.08.2016. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a17v38n02/a17v38n02p22.pdf>> Acesso em: 03 abr. 2021

[13] MENDES, Guilherme. **Controle estatístico de processo- Estudo de caso**. Campinas, 2020. Disponível em <<https://www.fm2s.com.br/controle-estatistico-de-processo-3/>>. Acesso em: 03 abr. 2021

[14] MONTGOMERY, D. C. **Introdução Ao Controle Estatístico Da Qualidade** (4 ed.). Rio de Janeiro: LTC,2009.

[15] LEITE, Petra Nunes; SABIONI, Rachel Campos; ALMEIDA, Fabricio Alves; PAULA, Vinicius Reno; GOMES, José Henrique de Freitas. Estudo de repetitividade e reprodutibilidade para análise do sistema de medição de um processo de etiquetagem de bombas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37º., 2017, Joinville. **Anais**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_239_385_34014.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2021.

[16] MARTINHAGO, V. S.; CAMPOS, D. P.; GONCALVES, D. C.; LUCIANO, R. M.; MELO, A. R. Verificação de repetibilidade e reprodutibilidade do sistema normatizado de ensaios pertencente ao programa setorial da qualidade de tintas. **Revista de engenharia e tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, p. 102-113, 2019

[17] JUNIOR, Guanís de Barros Vilela. **Estatística: teste Z (ou escore padronizado)**, 2012. Disponível em: < <http://www.cpaqv.org/estatistica/indexestatistica.html>>. Acesso em: 18 abr. 2021.

[18] GRANATO, Daniel; NUNES, Domingos Sávio. **Análises químicas, propriedades funcionais e controle da qualidade de alimentos e bebidas: uma abordagem teórico-prática**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. ISBN 978-85-352-8357-0.

[19] PORTAL ACTION, **Estabilidade**, 2018. Disponível em: < <http://www.portalaction.com.br/analise-dos-sistemas-de-medicao/21-estabilidade>>. Acesso em: 18 abr. 2021.

[20] ALVES, Felipe Rabelo Rodrigues; LUZ, Marta Pereira. Análise dos sistemas de medição em uma empresa de trefilação de tubos de aço. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37º., Joinville. **Anais**. 2017. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_239_385_31082.pdf>. Acesso em: 02. set. 2021.