

22° PRÊMIO ABRAFATI DE CIÊNCIA EM TINTAS

AJUSTE DO PODER DE COBERTURA SECA EM TINTAS
IMOBILIÁRIAS ATRAVÉS DA TÉCNICA DE TRANSMITÂNCIA EM
EQUIPAMENTO ESPECÍFICO

RESUMO

Nos últimos anos, o setor de tintas enfrenta uma crescente demanda por soluções mais sustentáveis em um cenário onde as margens de contribuições dos produtos são cada vez mais pressionadas pela forte competição entre os fabricantes.

Visando contornar esse problema, o presente documento propõe um método alternativo e inédito para controlar o poder de cobertura de tintas arquitetônicas através da medida transmissão de luz. Para tal, foi desenvolvido um equipamento que permite a análise por transmissão de luz através de um filme de tinta, denominado *Transmicell*.

Neste equipamento, a tinta é analisada na sua forma *in natura* (líquida), permitindo a comparação relativa entre diferentes lotes do mesmo produto através dos valores obtidos para o pico de transmissão. Os valores obtidos neste comprimento de onda possuem uma relação direta com a opacidade da tinta e conseqüentemente, uma maior ou menor cobertura final, possibilitando assim ajustar com maior precisão, em faixas mais estreitas, com o objetivo de otimizar o consumo de pigmento na formulação e no controle de processos de fabricação.

A medida do poder de cobertura é convencionalmente realizada de forma manual, aplicando o produto à uma espessura fixa pré determinada e realizando a cura do material para que a película de revestimento possa ser medida utilizando um espectrofotômetro de reflexão. Essa metodologia possui uma baixa sensibilidade, dificultando o seu uso para um “ajuste fino” de poder de cobertura de tintas.

Neste estudo, foi demonstrada e comprovada a maior sensibilidade para ajuste do poder de cobertura através da análise por medidas de transmitância no equipamento *Transmicell* em comparação ao método convencional por reflexão da luz utilizando espectrofotômetros convencionais, visto que as diferenças entre os lotes, valendo-se da técnica de transmissão, são acentuadas em face à sua alta sensibilidade e reprodutibilidade.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA	11
2.2 FENÔMENO DA REFLEXÃO	12
2.3 MEDIDA DO PODER DE COBERTURA POR RAZÃO DE CONTRASTE	13
2.4 MEDIDA DE OPACIDADE UTILIZANDO A TRANSMISSÃO EM COLORANTES	14
2.5 <i>TRANSMICELL</i>	17
2.6 COMPONENTES DA <i>TRANSMICELL</i>	19
3 METODOLOGIA	23
4 RESULTADOS	29
4.1 FABRICANTE A	29
4.2 FABRICANTE B	32
4.3 FABRICANTE C	35
4.4 FABRICANTE D	38
4.5 RESULTADOS GERAIS	41
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES	43
5.1 SIGNIFICÂNCIA TÉCNICA	43
5.2 SIGNIFICÂNCIA ECONÔMICA	44
5.3 SIGNIFICÂNCIA AMBIENTAL	44
5.4 CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Volume de tintas produzido no Brasil em termos percentuais.....	8
Figura 2.1 - Comportamento dual da luz – Onda e partícula	11
Figura 2.2 - Fenômeno do espalhamento resultante da refração, difusão e difração.....	13
Figura 2.3 - Equipamento <i>Transmicell</i> em sua versão protótipo.....	15
Figura 2.4 - Materiais transparentes, translúcidos e opacos.....	16
Figura 2.41 - Efeito do espalhamento da luz com partículas de diferentes tamanhos.....	17
Figura 2.5 - Esquema de leitura por transmissão do equipamento <i>Transmicell</i>	18
Figura 2.61 - Tanque amostrador da <i>Transmicell</i>	19
Figura 2.62 - Válvula seletora da <i>Transmicell</i>	19
Figura 2.63 - Seringa dosadora volumétrica.....	20
Figura 2.64 - Câmara do <i>micromixer</i>	20
Figura 2.65 - Célula de leitura da <i>Transmicell</i>	21
Figura 2.66 - Fonte luminosa e espectrofotômetro de feixe duplo.....	21
Figura 2.67 - Conjunto de filtros ópticos.....	22
Figura 2.68 - Equipamento <i>Transmicell</i> em sua última versão.....	22
Figura 3 - Tintas utilizadas nas análises.....	23
Figura 3.1 - Curvas de diluição para o Lote 1 do Fabricante B.....	25
Figura 3.2 - Variação da transmissão no pico de 680 nm com a concentração para o Lote 1 do Fabricante B.....	26
Figura 3.3 - Espectrofotômetro Datacolor Check 3.....	27
Figura 3.4 - Exemplo de ajuste da opacidade/cobertura usando a <i>Transmicell</i>	28
Figura 4.11 - Espectros de Transmissão para cinco lotes do Fabricante A.....	29
Figura 4.12 - Diferença de Transmissão entre lote mais transparente e mais opaco do Fabricante A.....	30

Figura 4.13 - Transmissão dos cinco lotes do Fabricante A.....	30
Figura 4.14 - Aplicações em cartela dos cinco lotes do Fabricante A.....	31
Figura 4.15 - Razões de Contraste para os cinco lotes do Fabricante A medidas através da Reflexão em cartela.....	32
Figura 4.16 - Aplicação em cartela do ajuste e comparação com Lote mais opaco e mais transparente do Fabricante A.....	32
Figura 4.21 - Espectros de Transmissão para cinco lotes do Fabricante B.....	32
Figura 4.22 - Diferença de Transmissão entre lote mais transparente e mais opaco do Fabricante B.....	33
Figura 4.23 - Transmissão dos cinco lotes do Fabricante B.....	33
Figura 4.24 - Aplicações em cartela dos cinco lotes do Fabricante B.....	34
Figura 4.25 - Razões de Contraste para os cinco lotes do Fabricante B medidas através da Reflexão em cartela.....	34
Figura 4.26 - Aplicação em cartela do ajuste e comparação com Lote mais opaco e mais transparente do Fabricante B.....	35
Figura 4.31 - Espectros de Transmissão para cinco lotes do Fabricante C.....	35
Figura 4.32 - Diferença de Transmissão entre lote mais transparente e mais opaco do Fabricante C.....	36
Figura 4.33 - Transmissão dos cinco lotes do Fabricante C.....	36
Figura 4.34 - Aplicações em cartela dos cinco lotes do Fabricante C.....	37
Figura 4.35 - Razões de Contraste para os cinco lotes do Fabricante C medidas através da Reflexão em cartela.....	37
Figura 4.36 - Aplicação em cartela do ajuste e comparação com Lote mais opaco e mais transparente do Fabricante C.....	38
Figura 4.41 - Espectros de Transmissão para cinco lotes do Fabricante D.....	38
Figura 4.42 - Diferença de Transmissão entre lote mais transparente e mais opaco do Fabricante D.....	39

Figura 4.43 - Transmissão dos cinco lotes do Fabricante D.....	39
Figura 4.44 - Aplicações em cartela dos cinco lotes do Fabricante D.....	40
Figura 4.45 - Razões de Contraste para os cinco lotes do Fabricante D medidas através da Reflexão em cartela.....	40
Figura 4.46 - Aplicação em cartela do ajuste e comparação com Lote mais opaco e mais transparente do Fabricante D.....	41

1 INTRODUÇÃO

Tintas estão presentes no cotidiano há mais de 30.000 anos nas mais diversas formas, o homem utilizava fuligem, barro, piches e outras substâncias naturais para ornamentar o próprio corpo, o lar e outros objetos (Fazenda, 2009, Brock et al., 2010). No decorrer dos anos, as civilizações passaram a aperfeiçoar cada vez mais as tintas e passaram a sintetizar os primeiros pigmentos a partir de materiais como areia, gesso, hematita, calcário, carbonato de cálcio, negro de fumo e plantas da região. Em termos de ligantes foram empregados materiais como goma arábica, cera de abelha e bálsamos (Fazenda, 2009).

A Europa medieval data os primeiros registros de fabricação de tintas que temos conhecimento e que serviram de alicerce para os modelos atuais. Após a revolução industrial no século XVIII, ocorreu um aumento expressivo na demanda por tintas protetoras para metais e construções, conseqüentemente surgiram as primeiras fábricas de vernizes e solventes.

No entanto, a indústria de tintas alcançou ganhos significativos tecnológicos e científicos apenas no século XX. Pode-se citar como os mais importantes avanços o desenvolvimento de emulsões aquosas e tintas à base de água, visivelmente importantes em termos ambientais. O desenvolvimento de polímeros sintéticos e o conceito de produção em massa introduzido por Henry Ford possibilitaram grandes saltos em termos de produtividade (Brock et al., 2010).

Pela definição, tinta é uma composição líquida, geralmente viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerante líquido que, ao sofrer um processo de cura quando estendida em uma película fina, forma um filme geralmente opaco e aderente ao substrato. Esse filme tem a finalidade de proteger e embelezar as superfícies (Fazenda, 2009).

Em sua composição, apresenta pigmentos, resina, aditivos e solventes. A resina é a parte não volátil da tinta que visa aglomerar as partículas de pigmento, sendo responsável por denominar o tipo de revestimento que será empregado. Assim, existem as tintas acrílicas, alquídicas, epoxídicas, entre outras. O pigmento confere características como opacidade e cor, finamente divididos a fim de serem dispersos adequadamente, além de serem insolúveis no meio. Os aditivos são responsáveis por conferir características especiais à tinta, podendo

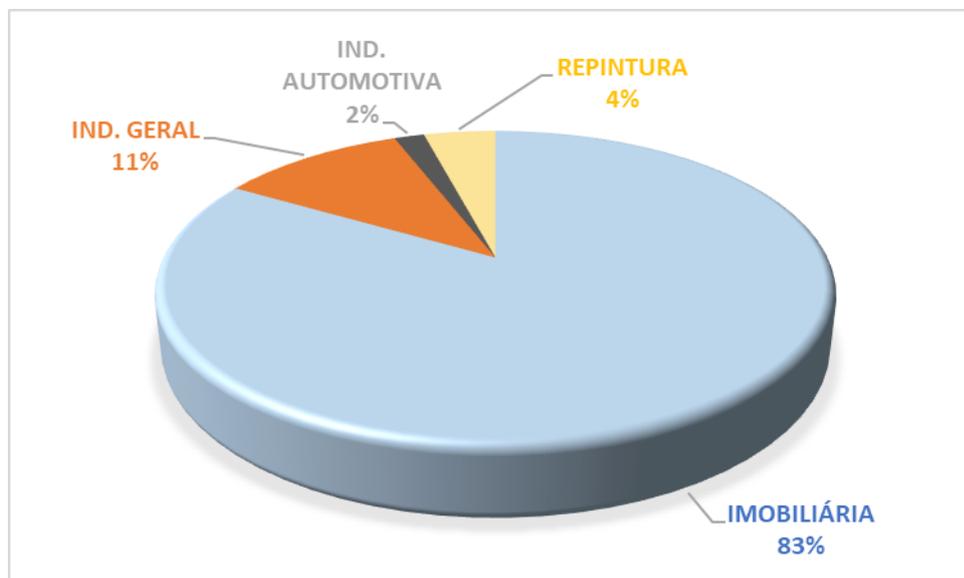
ser secantes, anti-sedimentantes, dispersantes, etc. Finalmente, temos o solvente que é um líquido volátil, utilizado para dissolver a resina e de baixo ponto de ebulição.

A aplicação da tinta tem como um de seus objetivos principais a proteção de edifícios, instalações industriais e produtos (como veículos, eletrodomésticos, móveis, entre muitos outros) contra a ação do tempo, das mudanças climáticas e de outros agentes externos, contribuindo também para a sua higiene e limpeza. Outro importante objetivo da pintura é embelezar os ambientes e superfícies em que é feita (ABRAFATI, 2021).

Diante dos expostos, justifica-se o papel de grande importância das tintas na sociedade. Segundo dados atualizados da ABRAFATI, o Brasil encontra-se na quinta posição de maiores mercados para a indústria de tintas. O setor divide-se nos segmentos de tintas imobiliárias, automotivas, repintura automotiva e indústria geral (peças, móveis, manutenção, eletrodomésticos, etc).

Restringindo-se ao setor de tintas imobiliárias, em 2020 o setor correspondia a 83,4% do volume total produzido no país, equivalente a 1,354 bilhão de litros.

Figura 1 - Volume de tintas produzido no Brasil em termos percentuais.



Fonte:

Adaptado de ABRAFATI (2020)

Tendo em vista que o maior volume de tintas produzido no mercado brasileiro corresponde a tintas imobiliárias, o impacto ambiental é visivelmente maior, sendo assim, o propósito do trabalho foi centrado em tintas imobiliárias decorativas.

A respeito da sustentabilidade, emissões atmosféricas geradas pelas atividades humanas costumam ser sinônimos de poluição atmosférica, causando danos extremamente

negativos ao meio ambiente, como chuvas ácidas, *smog* fotoquímico, eutrofização, suspensão de materiais particulados e mudanças climáticas (BUCHMANN, 2018).

O fenômeno do *smog* fotoquímico com a formação de ozônio troposférico (O₃), ácido nítrico (HNO₃) e uma mistura de compostos orgânicos oxidados tem ocorrência devido à combinação dos compostos orgânicos voláteis (VOC, *Volatile Organic Compounds*), óxidos de nitrogênio (NO_x) e luz solar (Baird e Cann, 2011).

No contexto do setor de tintas, VOC é definido como compostos orgânicos com ponto de ebulição menor ou igual a 250 °C à pressão de 101,3 kPa conforme Diretiva Europeia (CE, 2004). Nos últimos anos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou uma norma nacional que determina o teor de VOC em tintas. Apesar de não existir uma legislação brasileira que limite a concentração de VOC nos produtos, os fabricantes precisam se adequar a regulamentações internacionais para obter selos de sustentabilidade (BUCHMANN, 2018).

Na cadeia produtiva de tintas, diversos tipos de indústrias estão envolvidas na produção de matérias primas, como de pigmentos, de solventes, de aditivos, entre outros. A produção efetiva da tinta imobiliária, na grande maioria das vezes, acaba por empregar quantidades muito superiores àquela necessária para se entregar o mesmo resultado do produto ao mercado em termos de concentração de pigmento.

Um dos maiores problemas consiste no fato da técnica e equipamentos utilizados para realizar a aprovação do produto final. Qualquer simples ajuste na composição do produto poderá vir a trazer ganhos significativos nas mais diversas áreas, pois o consumo de matérias primas poderá ser reduzido e readequado, diminuindo o impacto ambiental e alavancando a competitividade do setor, tendo em vista o grande volume que é produzido.

O dióxido de titânio (TiO₂) é utilizado como referência para a formulação de tintas devido às suas características de brancura, poder de tingimento, opacidade, extremamente versátil e de fácil aplicação. A partir deste, obtém-se características de cor, facilidade de dispersão, resistência e outras propriedades (Paint & Pintura, 2017).

As principais questões ambientais de preocupação da mineração de óxido de titânio, um dos principais pigmentos empregados na indústria de pigmentos e tintas, são a poluição dos recursos hídricos subterrâneos, transporte de minerais em veículos pesados, operações de dragagem em áreas costeiras frágeis e desmatamento. Além disso, riscos elevados de

radiação estão associados às instalações e armazenamento de areia mineral que requerem sistemas de controle avançados (Huda et al., 2018).

Além disso, qualquer pequeno ganho em sensibilidade e precisão da técnica de controle e aprovação se traduz em grandes ganhos econômicos, aliados à uma significativa redução dos impactos ambientais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Newton escreveu há cerca de 300 anos que: “Os raios de luz não são coloridos. Neles nada mais existe do que energia para despertar no observador uma sensação desta ou daquela cor”. Assim, cor nada mais é do que uma qualidade especial e subjetiva de uma imagem mental percebida pelo observador. (Fazenda, 2009).

O fenômeno da cor fascina o homem desde os primórdios. Pinturas em cavernas de diversas cores de vermelho, amarelo, preto e marrom, todas feitas pelo homem, utilizando os mais diferentes tipos de materiais.

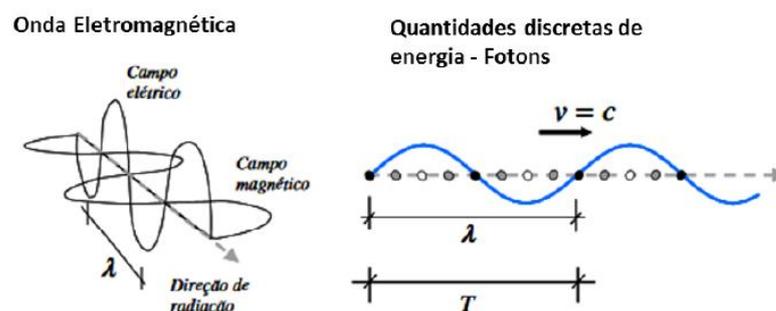
Como se pode ver, o interesse científico pelas cores é muito antigo. Os cientistas do mundo todo investigaram exaustivamente os seus mistérios, mas somente com a invenção dos computadores digitais nos anos sessenta, a colorimetria atingiu o seu auge. Com a disponibilidade de computadores mais baratos, os softwares de cor e os espectrofotômetros se popularizaram, e, atualmente, raras são as empresas que não possuem essa tecnologia (Ladchumananandasivam, 2002).

2.1 RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Define-se radiação eletromagnética como uma oscilação em fase de campos elétricos e magnéticos. As oscilações dos campos são perpendiculares entre si, compreendidas como a propagação de uma onda transversal, cujas oscilações são perpendiculares à direção do movimento da onda.

Einstein postulou que a energia de um raio de luz, além de estar distribuída no espaço como uma combinação de corrente elétrica alternada e campo magnético, está concentrada em quantidades discretas de energia (Villate, 2005).

Figura 2.1 - Comportamento dual da luz – Onda e partícula.



Fonte: PUC-RIO, 2011

As ondas eletromagnéticas podem ser classificadas de acordo com os seus comprimentos de onda.

Tabela 1 - Classificação dos diferentes tipos de ondas eletromagnéticas.

Classificação	λ (nm)
Rádio	300.000
Infravermelho	3.000
Visível	400 - 700
Ultravioleta	200
Raios - X	1
Raios Gama	0,01
Raios Cósmicos	0,001

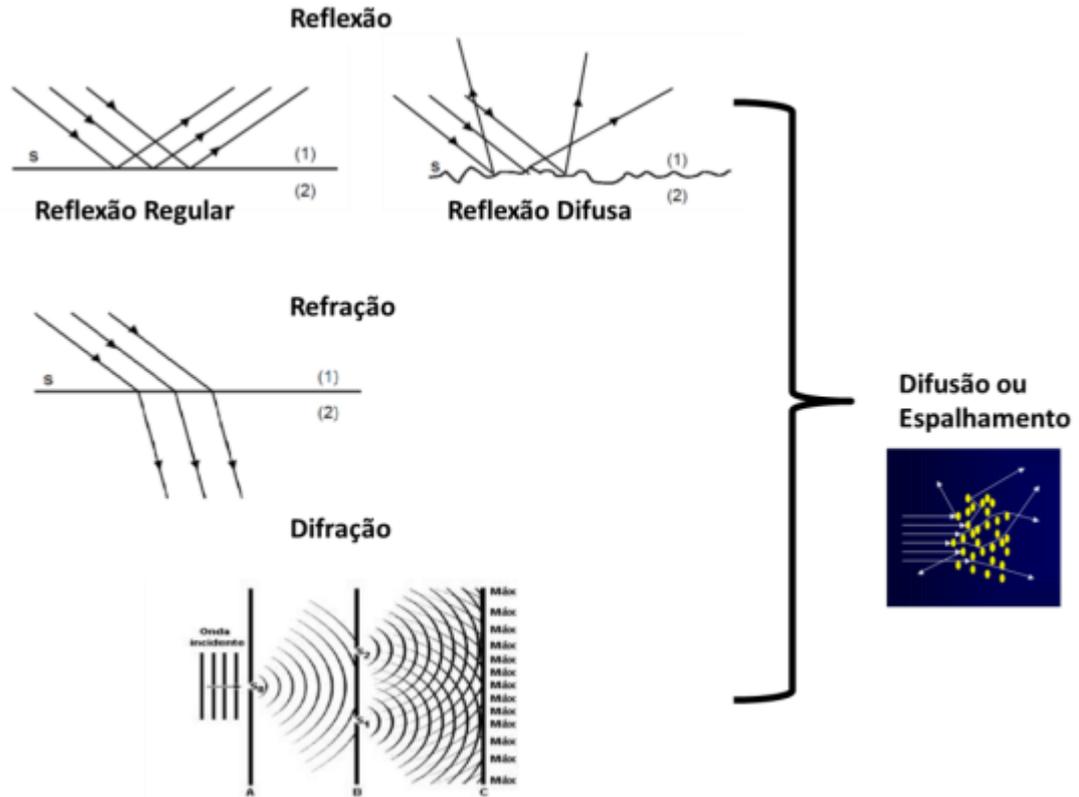
Fonte: Adaptado de (PETTER & GLIESE, [200-])

2.2 FENÔMENO DA REFLEXÃO

A medida do poder de cobertura de um colorante atualmente é fundamentada no princípio da reflexão da luz sobre uma película fina do substrato de colorante. A reflexão da luz é o fenômeno em que uma onda de luz atinge uma superfície e muda de direção ou sentido, mas continua no mesmo meio de propagação. Denomina-se raios incidentes aqueles que atingem a superfície e raios refletidos aqueles que retornam ao meio de propagação.

No caso de materiais pigmentados, como tintas, classificados como suspensões, há outro fator que interfere diretamente na relação entre o raio incidente e as propriedades deste. Faz-se presente o efeito do espalhamento, que nada mais é que a combinação de três fenômenos ópticos, a reflexão, difração e refração. Quando a luz atravessa uma amostra com partículas dispersas e não dissolvidas, uma porção é absorvida, outra é transmitida e outra espalhada ou refletida (Peixoto, 2016).

Figura 2.2 - Fenômeno do espalhamento resultante da refração, difusão e difração.



Fonte: Peixoto, 2016 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

2.3 MEDIDA DO PODER DE COBERTURA POR RAZÃO DE CONTRASTE

Define-se poder de cobertura como a capacidade da tinta, ao ser aplicada no substrato, cobrir toda a área pintada sem que sejam observadas falhas. Isso implica que tintas de melhor qualidade devem possuir uma maior opacidade, assegurando melhor capacidade de obliterar o substrato.

A razão de contraste (RC) é definida como a razão da reflectância de um filme aplicado em substrato preto e a reflectância de um filme idêntico aplicado em substrato branco. São utilizadas para aplicação cartelas padronizadas e de baixa absorção, conforme ASTM D2805-11, que possuem metade da sua superfície branca e a outra metade preta, possibilitando a leitura de um filme igualmente espesso e sujeito às mesmas variáveis.

Quanto maior a razão de contraste, maior o poder de cobertura de uma tinta. A equação abaixo (1) descreve a relação para o cálculo da a razão de contraste.

$$RC (\%) = \frac{R_p}{R_b} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

RC: razão de contraste em porcentagem.

R_p: reflectância obtida sobre a parte preta da cartela.

R_b: reflectância obtida sobre a parte branca da cartela.

Para este trabalho, foram escolhidas tintas imobiliárias da linha Acrílico Super *Premium* Branco Semibrilho. Estas tintas possuem o maior poder de cobertura disponível no mercado imobiliário, portanto, apresentam o maior valor agregado e consumo de pigmentos.

A técnica de medida do poder de cobertura de tintas imobiliárias foi realizada de acordo com a norma internacional em vigor ASTM 2805-11, utilizando o espectrofotômetro de reflexão Datacolor Check 3.

2.4 MEDIDA DE OPACIDADE UTILIZANDO A TRANSMISSÃO EM COLORANTES

Opacidade é uma propriedade óptica da matéria que apresenta diversos graus e características. Em termos físicos, é a medida da impenetrabilidade à radiação eletromagnética, incluindo a luz visível. Um material opaco transmite uma baixa quantidade de luz enquanto que o restante é absorvido, refletido ou dispersado.

A medida da opacidade em tintas e colorantes por transmissão é uma técnica inédita no mundo, realizada exclusivamente pela *Transmicell*, que se encontra patenteada PCT/BR2019/050381. Em suma, o princípio do equipamento consiste em buscar uma condição analítica específica para cada amostra utilizando diferentes graus de liberdade para que isso seja possível.

De forma geral esse equipamento promove a interação de um filme de espessura constante de um colorante (tinta) com um raio de luz incidente de potência luminosa variável, forçando que parte dessa luz interaja com as partículas de pigmento em suspensão. Ocorrem então todos os fenômenos ópticos descritos anteriormente, que são detectados por um espectrofotômetro de feixe duplo.

O equipamento possibilita ainda que se faça de forma totalmente automatizada, diluições do colorante ou tinta, com um determinado veículo, para que se obtenha um nível

de sinal elevado no espectrofotômetro, o que acaba por amplificar as diferenças normalmente detectadas por métodos convencionais.

Combinando os três graus de liberdade que o equipamento proporciona (caminho óptico, potência luminosa e diluição), consegue-se utilizá-lo para uma faixa extremamente larga de produtos com diferentes índices de opacidade. Com isso, é possível fazer a caracterização espectral desde soluções altamente transparentes até dispersões extremamente opacas, como as de dióxido de titânio (TiO_2) ou Negro de Fumo em altas concentrações, medidas essas impossíveis de se realizar até o momento pelos métodos tradicionais.

Figura 2.3 – Equipamento *Transmicell* em sua versão protótipo.

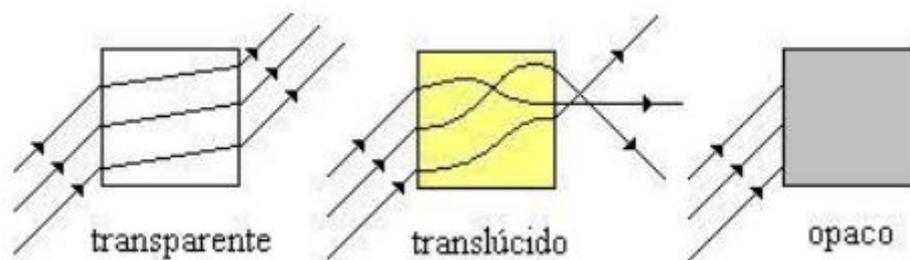


Fonte: Autores.

Por ser uma técnica extremamente recente, não há literaturas disponíveis que expliquem de forma detalhada a transmissão de luz em tintas, colorantes, pastas de pigmentos ou bases. Isso se deve a altíssima opacidade e absorção, características de pigmentos inorgânicos empregados na fabricação de tintas e colorantes. Mesmo em espessuras muito finas, na ordem de micra, produzem elevado bloqueio da luz incidida.

Diversos testes já foram realizados visando analisar a transmissão da luz com espectrofotômetros convencionais em cubetas de caminho óptico na ordem de 10 mm, porém sem sucesso.

Figura 2.4 - Materiais transparentes, translúcidos e opacos.



Fonte: Peixoto, 2016.

Equipamentos que operam por transmissão foram desenvolvidos para medir materiais com reduzida opacidade, como o caso de soluções coloridas. Em geral, a Lei de Beer (2) é válida para estes tipos de análises, porém, há uma restrição que permite que a mesma seja aplicada somente para soluções translúcidas. A Lei de Beer é elucidada na equação abaixo:

$$A = \epsilon bc \quad (2)$$

ϵ = absorvidade molar;

b = caminho ótico;

c = concentração da amostra.

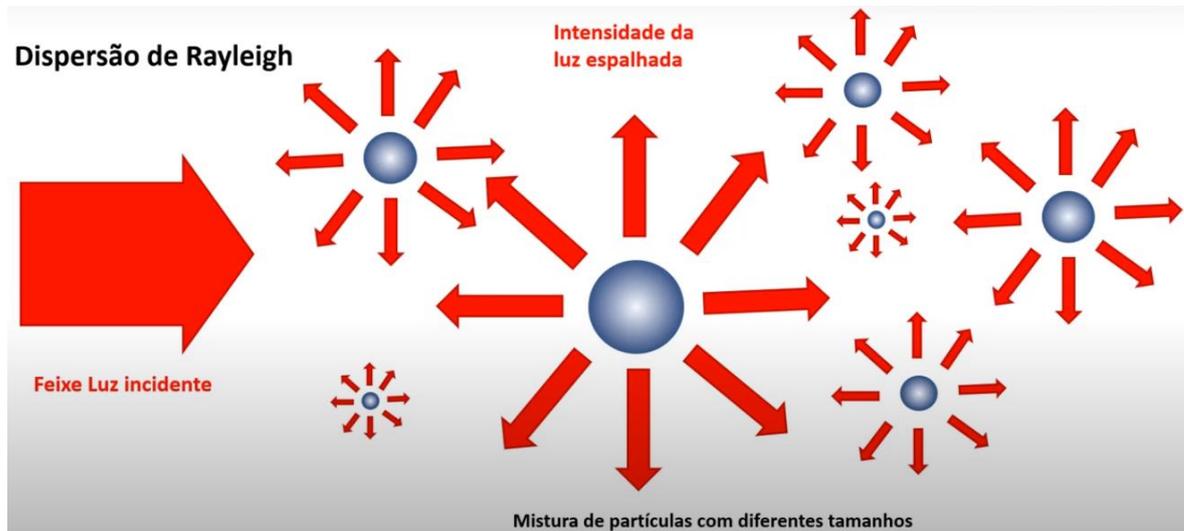
No caso de materiais pigmentados de alta opacidade, a Lei de Beer não se aplica, pois neste caso há uma suspensão de partículas sólidas, finamente divididas em um líquido, onde outros fenômenos ópticos, além da absorção ocorrem, impossibilitando sua utilização.

No caso de suspensões de partículas, como no caso de tintas e colorantes, ocorre o fenômeno do espalhamento da luz, definido como o processo físico em que determinada forma de energia, ao se propagar em uma trajetória linear, sofre uma alteração de caminho devido às interações com o meio pelo qual atravessa. Em materiais inorgânicos (pigmentos e cargas) esse efeito é extremamente intenso e em materiais orgânicos ocorre com menos intensidade.

O espalhamento está diretamente relacionado com o tamanho das partículas e sua distribuição no meio, permitindo chegar à conclusão de que quanto menor o tamanho das partículas em dada quantidade, maior será a soma das áreas superficiais e maior a opacidade, influenciando diretamente no resultado de transmissão da luz.

O dióxido de titânio (TiO_2) possui um índice de refração extremamente elevado, que produz um efeito de espalhamento muito intenso, sendo um dos principais pigmentos utilizados para promover o poder de cobertura em uma tinta.

Figura 2.41 - Efeito do espalhamento da luz com partículas de diferentes tamanhos.



Fonte: Prof. Dr. Jhony Huertas.

A teoria de Kubelka Munk relaciona o espalhamento da luz através do fator de absorvidade K e dos múltiplos espalhamentos S . Nesse caso, o modelo linear da Lei de Beer não se aplica e sim sofre um decaimento exponencial com esses fatores.

2.5 TRANSMICELL

Diferentemente das técnicas convencionais, o funcionamento da *Transmicell* consiste basicamente em se encontrar um conjunto de condições analíticas que nos permitam analisar um determinado produto com um nível elevado de sinal no seu detector, onde a relação sinal/ruído encontra-se em um nível ótimo, fazendo com que as leituras tenham alta sensibilidade e reprodutibilidade.

Encontrada essa condição, ela passa a fazer parte do que é chamado de “assinatura” de um produto. Essa “assinatura” reúne as seguintes informações sobre o mesmo:

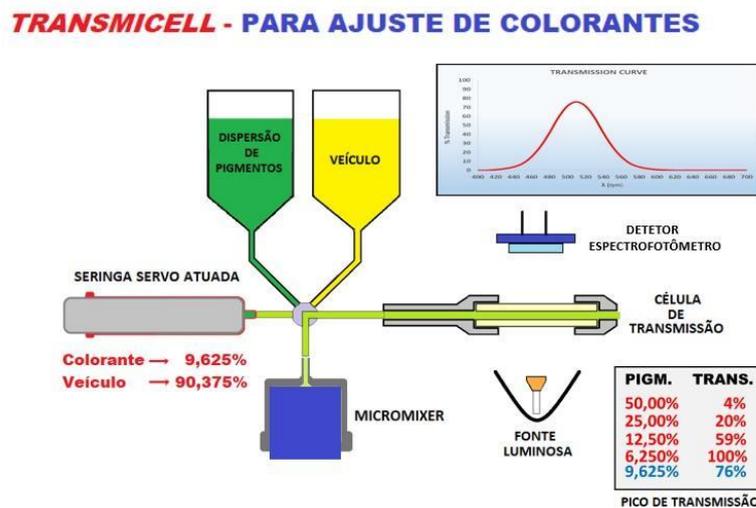
- A curva espectral de transmissão do produto;
- O caminho ótico utilizado;
- A potência luminosa utilizada;
- A diluição utilizada para a medição;

Dessa forma, sempre que se necessitar executar uma medição de um material de mesmas características óticas (lote de concentrado, lote de uma determinada tinta, etc.), essas mesmas condições analíticas deverão ser utilizadas.

É importante ressaltar que as características óticas de um determinado material são próprias de cada produto (mesmo “DNA”), sendo que medidas entre produtos distintos não devem ser feitas de uma forma direta. Entretanto, quando se comparam produtos de mesma formulação (mesmo “DNA”), suas propriedades óticas possuem total coerência, possibilitando sua comparação direta.

Sendo assim, várias propriedades de colorantes, tintas e outros produtos onde se encontrava dificuldade para a sua mensuração ou comparação, ligadas a sensibilidade dos métodos, sua reprodutibilidade, R&R, “lead time” (tais como Força de Tingimento, Cobertura, “Posição de Cor”, etc.), mesmo sendo determinadas de forma relativa, possuem alta sensibilidade, velocidade e reprodutibilidade, quando utilizada essa nova técnica.

Figura 2.5 - Esquema de leitura por transmissão do equipamento *Transmicell*.



Fonte: Autores.

No presente trabalho, será referido como colorante (tinta) mais opaco aquele que possui um valor percentual mais baixo de transmissão, devido a um maior bloqueio da luz transmitida. Da mesma forma, será feita referência ao colorante (tinta) mais transparente como aquele que possui um valor percentual de transmissão mais elevado. Além disso, compreende-se o termo veículo como sendo uma mistura de solvente e resina, utilizado nas diluições que se fazem necessárias.

2.6 COMPONENTES DA *TRANSMICELL*

O equipamento *Transmicell* apresenta componentes específicos para que a análise de um colorante seja realizada, conforme apresentados nas figuras a seguir. Todas as imagens a seguir do equipamento *Transmicell* são de autoria própria.

O tanque amostrador é responsável por armazenar a amostra do colorante mantê-la em constante homogeneização, evitando a sedimentação do material analisado e permitindo que a mesma seja suprida para o equipamento.

Figura 2.61: Tanque amostrador da *Transmicell*.



Fonte: Autores.

A válvula seletora possui função de selecionar os materiais que serão injetados no equipamento (colorante /veículo diluente /solvente de limpeza).

Figura 2.62: Válvula seletora da *Transmicell*.



Fonte: Autores.

A seringa dosadora volumétrica é responsável por controlar a proporção de colorante (amostra) e veículo de diluição será injetado na câmara de mistura (*Micromixer*).

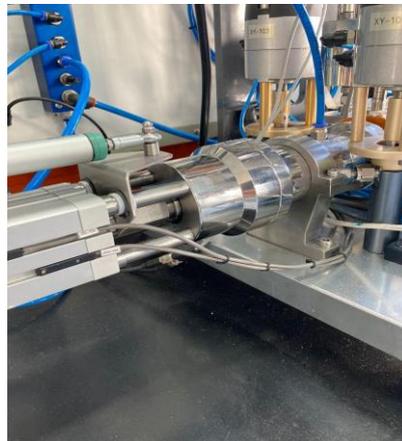
Figura 2.63: Seringa dosadora volumétrica.



Fonte: Autores.

O *Micromixer* é o componente responsável por homogeneizar a amostra de colorante juntamente com o veículo (diluição analítica) na proporção estabelecida pelo equipamento.

Figura 2.64 - Câmara do *micromixer*.



Fonte: Autores.

A célula de leitura é composta por duas janelas óticas de safira com um afastamento determinado (*GAP*) onde o material a ser analisado fica contido. O feixe de luz de potência variável incide sobre o material, forçando sua interação com o mesmo, e a luz emergente é captada do outro lado da célula. A célula possui ainda um sistema de descontaminação/limpeza através de raspadores mecânicos que evitam a sua impregnação com os materiais em análise.

Figura 2.65 - Célula de leitura da *Transmicell*.



Fonte: Autores.

A fonte luminosa é responsável por emitir um feixe de luz controlado, que deverá iluminar a amostra, forçando sua interação com as partículas de pigmento suspensas. O espectrofotômetro de feixe duplo é responsável pela leitura e tratamento de dados da luz transmitida através da amostra, gerando a curva de transmissão da amostra.

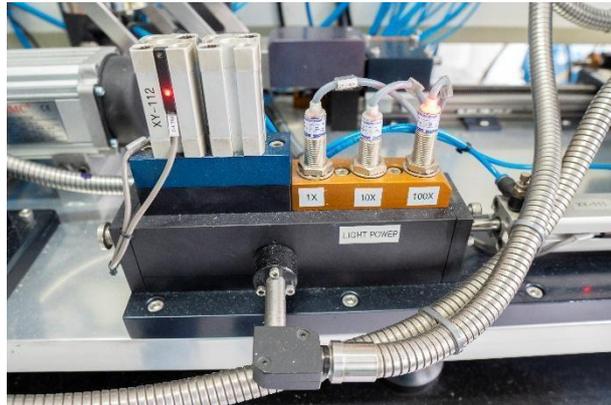
Figura 2.66 - Fonte luminosa e espectrofotômetro de feixe duplo



Fonte: Autores.

O conjunto de filtros ópticos permite que a potência luminosa incidente sobre a amostra seja ajustada de acordo com a melhor condição analítica.

Figura 2.67 - Conjunto de filtros ópticos.



Fonte: Autores

O equipamento *Transmicell* encontra-se atualmente em sua segunda versão, para uso em laboratório, com uma sensível evolução em seu sistema de dosagem e em seu software de controle.

Figura 2.68: Equipamento *Transmicell* em sua última versão.



3 METODOLOGIA

Para o estudo, foram adquiridos no comércio da região metropolitana de Porto Alegre cinco diferentes lotes dos quatro maiores fabricantes de tintas do mercado global. Os lotes foram escolhidos observando-se a data de fabricação dos mesmos para que um intervalo de tempo considerável entre as datas de produção fosse analisado, visando obter uma visão de médio prazo representativa da variabilidade dos processos desses fabricantes. Tendo em vista a confidencialidade dos resultados obtidos, os fabricantes serão referenciados por A, B, C e D, bem como os lotes foram nominados 1, 2, 3, 4 e 5.

Figura 3 – Tintas utilizadas nas análises.



Fonte: Autores

Todas as tintas em estudo pertencem à categoria Acrílico Super Premium Semibrilho, na cor Branca.

A cor branca foi escolhida devido ao fato de que o principal pigmento que confere esta cor (dióxido de titânio), é responsável pelo alto valor agregado destas tintas, correspondente a uma grande porcentagem da composição, tendo um elevado custo. Além disso, a tinta branca é uma das mais comercializadas e também serve como base para diversas formulações coloridas.

Cada lote foi cuidadosamente homogeneizado e posteriormente filtrado em tela de 18 mesh no momento que antecede à análise, a fim de reter possíveis sólidos grosseiros.

Para obtermos uma viscosidade ideal para a análise na *Transmicell*, foi observada a necessidade de uma pré-diluição das amostras. Com o auxílio de uma balança analítica com precisão de duas casas decimais, foram pesadas 200 gramas da amostra de tinta e incorporados 50 gramas de água, homogeneizados de maneira satisfatória.

Previamente ao uso do equipamento, uma rotina de limpeza e calibração do espectrofotômetro é realizada. Essa calibração utiliza o próprio o veículo analítico de

diluição como referência para o valor de 100% de transmissão, garantindo que esse veículo não interfira na medida de transmissão gerada exclusivamente pela amostra.

Como as condições analíticas são definidas de acordo com cada tipo de material, a *Transmicell* em seu software conta com uma rotina especial denominada “análise exploratória”, onde o equipamento executa de forma totalmente automática uma sequência de combinações dos três diferentes graus de liberdade do equipamento (diluição, potência da fonte luminosa e caminho óptico), buscando a condição ideal de análise, onde o pico de transmissão atinja uma faixa entre 65% a 80%.

Encontrada a condição analítica ideal para essa família de produtos, cada amostra de tinta foi então inserida no tanque amostrador da *Transmicell*, e mantida sob agitação durante toda a sua análise.

Levando-se em consideração que neste trabalho foram estudadas tintas da mesma classe, Acrílico Super *Premium* Semibrilho, as condições analíticas foram fixadas para todos os lotes de todos os fabricantes para que fosse possível fazer uma relação comparativa entre os diferentes fabricantes e suas amostras.

Para análise, pela *Transmicell* utilizou-se uma diluição volumétrica de 12,5% para todas as tintas em estudo e 87,5% de veículo diluente (neste trabalho foi utilizado água).

A potência luminosa da fonte foi de 10%, o *GAP* (caminho óptico) de 200 μm , o tempo de homogeneização no *Micromixer* de 8 segundos, havendo um retardo para leitura após a inserção na célula de leitura de 2 segundos.

Tabela 2 – Condições Analíticas utilizadas para todos os Lotes de todos os Fabricantes.

Condições Analíticas	
Pré-diluição	200g tinta/50g água (veículo)
Diluição Analítica na <i>Transmicell</i>	12,5% tinta / 87,5% água (veículo)
GAP	200 μm
Potência Luminosa	10%
Homogeneização no <i>Micromixer</i>	8 segundos
Retardo de Leitura	2 segundos

A *Transmicell* fornece uma curva de transmissão (espectro) no intervalo da luz visível, 400 a 700 nm, que é característica para cada formulação, onde cada pigmento possui um comprimento de onda específico para o pico de transmissão. O valor de interesse na

análise é a máxima porcentagem de luz transmitida, ou seja, o valor da transmissão no pico do espectro. Através dessa informação, podemos comparar o quanto um lote difere do outro em relação à opacidade: quanto menor a transmissão, mais opaco é o filme de tinta.

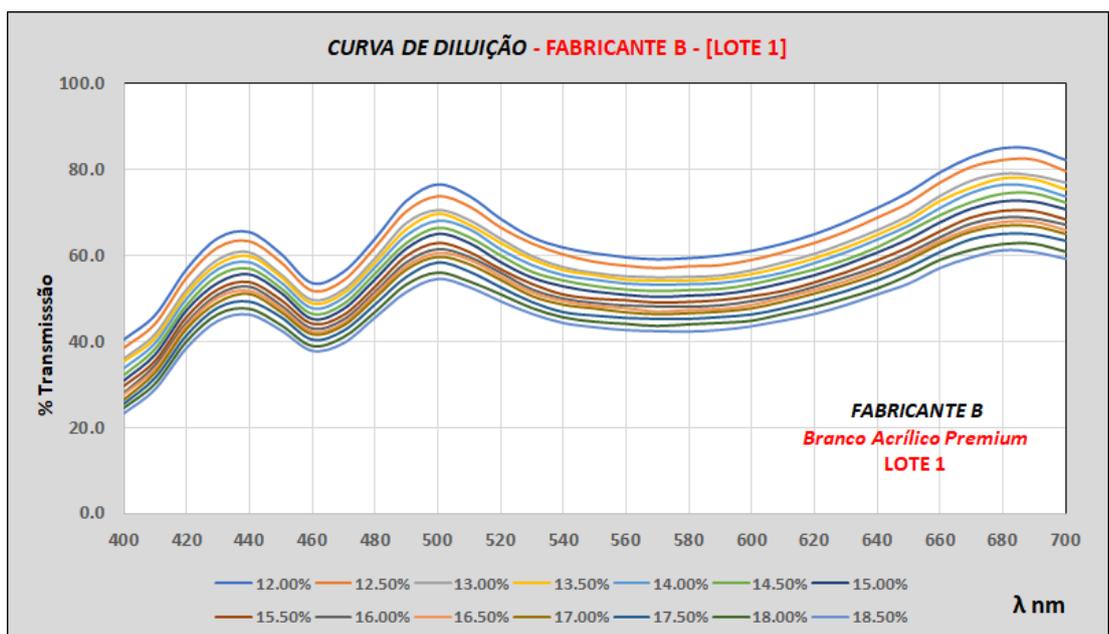
Foram realizados cinco ciclos de leitura para cada lote a fim de comprovar a estabilidade da tinta ao ser analisada. Após a análise dos cinco lotes do fabricante, foi observado qual destes foi o “mais transparente”, ou seja, teve o maior valor transmissão no pico característico e para esse lote, foi realizada uma curva de diluição na *Transmicell*.

As curvas de diluição são obtidas ao variarmos a concentração volumétrica de colorante (amostra de tinta) a ser analisada através de iguais acréscimos percentuais a cada leitura subsequente. É escolhido o lote “mais transparente” para isto, pois com o acréscimo volumétrico de colorante a transmissão irá diminuir até a situação de bloqueio total da luz.

A partir das curvas de diluição, pode ser traçada uma curva de regressão que representa o comportamento da transmissão no pico com a concentração de amostra, ou seja, é possível prever o comportamento do colorante ao ser realizada uma diluição, por exemplo. Foi constatado experimentalmente que a transmissão decresce exponencialmente com o aumento da concentração de colorante (tinta).

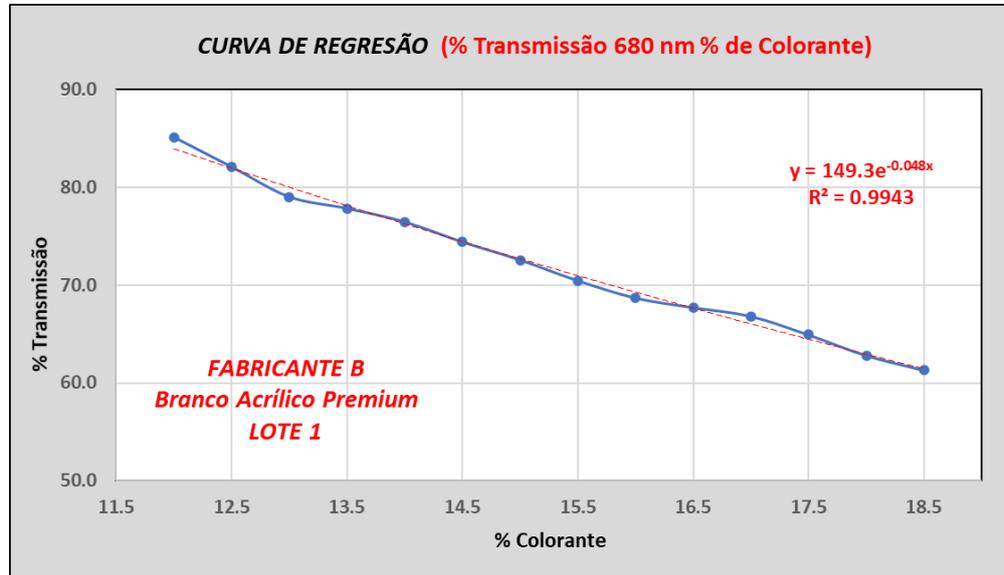
A figura abaixo representa uma curva de diluição obtida para um dos fabricantes em estudo.

Figura 3.1 - Curvas de diluição para o Lote 1 do Fabricante B.



A partir dos valores de transmissão no pico, para este mesmo lote e fabricante foi traçada a curva de regressão abaixo.

Figura 3.2 - Variação da transmissão no pico de 680 nm com a concentração para o Lote 1 do Fabricante B.



Concomitante às análises na *Transmicell* foram realizados ensaios de reflexão da tinta a seco, que consiste no método convencional para aprovação dos lotes no que diz respeito ao poder de cobertura, através da técnica de razão de contraste.

Foram aplicados filmes de tinta de cada lote, em triplicata, com espessura de 100 μm , em cartelas Leneta 2A. A aplicação foi feita com auxílio de um aplicador manual e seguindo a ASTM D2805-11. A espessura foi padronizada para todos os lotes e fabricantes, tendo sido determinada de modo que se pudesse mensurar de forma sensível as diferenças entre os lotes, e desta forma, permitindo uma comparação relativa entre os mesmos.

O filme foi aplicado na cartela previamente limpa, e após respeitado o tempo de *flash-off* de 5 minutos, colocado em estufa a $60\text{ }^\circ\text{C} \pm 2$ por aproximadamente 20 minutos. Passado o tempo para a cura do filme, foi retirado da estufa, ambientado a $23\text{ }^\circ\text{C} \pm 2$ por 10 minutos e então realizada a leitura em espectrofotômetro Datacolor Check 3 para a determinação da Razão de Contraste.

A realização da análise através do método de reflexão da luz teve como objetivo comparar a sensibilidade do método convencional em relação ao método de transmissão da luz utilizando a *Transmicell*.

Figura 3.3 - Espectrofotômetro Datacolor Check 3.



Buscando comprovar a eficiência do método de ajuste do Poder de Cobertura via transmissão, tendo em vista que todos os materiais testados tratam-se de lotes aprovados pelos fabricantes e sendo normalmente sendo comercializados, utilizou-se o lote de produto de maior opacidade da série (em termos de transmissão) para buscar um ajuste via diluição na própria *Transmicell*, a fim de que este atingisse o valor de transmissão do lote mais transparente da sua série (mantido como limite mínimo os valores de norma).

Posteriormente a isso, baseado nos dados de diluição obtidos na *Transmicell*, foram então realizadas diluições em laboratório dos demais lotes de maior opacidade, para que se pudesse então realizar a aplicação em cartela padrão Leneta para medida da Razão de Contraste e então verificar a efetividade do método.

Para a diluição em laboratório das amostras para posterior aplicação em cartelas padronizadas, utilizou-se uma mistura de água com emulsão acrílica, com viscosidade aproximada à da tinta. Essa mistura foi testada previamente em cartela Leneta 2A para comprovar a inexistência de qualquer opacidade (sem cobertura), que pudesse provocar interferências nos resultados que se pretendia demonstrar.

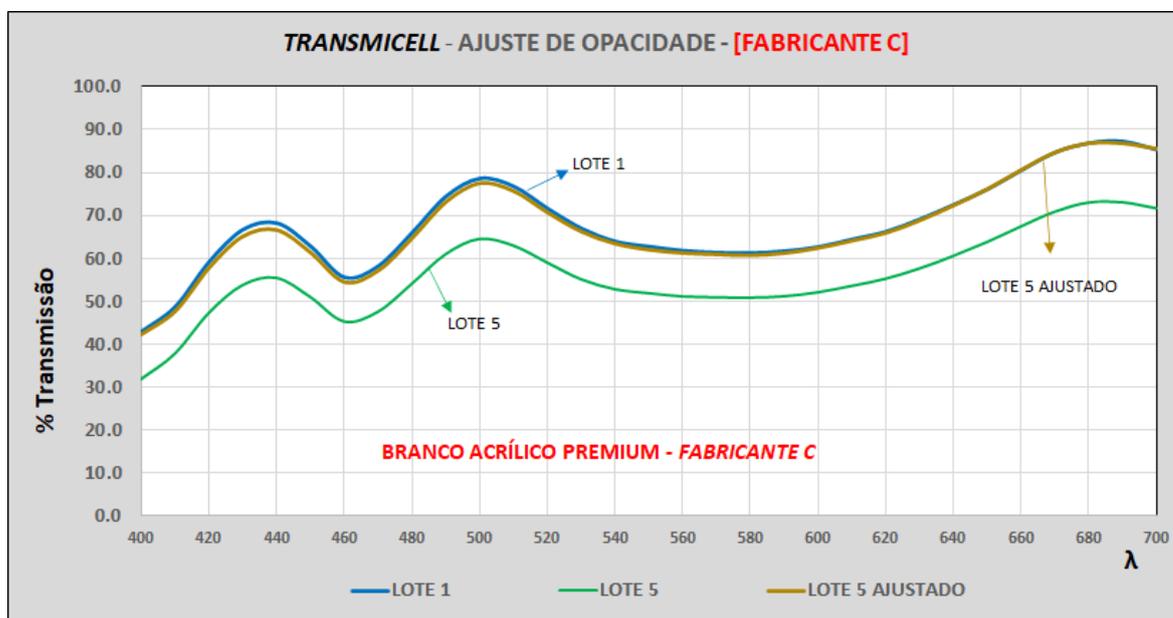
Posteriormente a aplicação das amostras diluídas em cartela Leneta, suas coberturas foram analisadas pela técnica de Razão de Contraste, onde comprovou-se que o método empregado foi efetivo.

Observamos que isso foi possível tendo em vista que a sensibilidade e reprodutibilidade do equipamento *Transmicell* possibilitaram esse tipo de ajuste,

diferentemente da técnica convencional por Razão de Contraste, onde devido à baixa sensibilidade e um R&R relativamente pobre, torna-se um tanto perigoso e demorado utilizá-la para esse tipo de ajuste, podendo-se incorrer em “falsos positivos” ou “falsos negativos” em termos de aprovação de lotes para sua comercialização.

O gráfico abaixo demonstra a metodologia utilizada para definição do percentual de ajuste do lote mais opaco (nesse caso, Lote 5) até atingir o percentual de transmitância do lote mais transparente (nesse caso, Lote 1).

Figura 3.4 - Exemplo de ajuste da opacidade utilizando a *Transmicell*.



Vale ressaltar que, neste trabalho, a única propriedade avaliada e de interesse em se ajustar foi o poder de cobertura, não tendo sido explorado se as outras propriedades da tinta se mantiveram constantes. Este será o objetivo de um estudo futuro.

4 RESULTADOS

4.1 FABRICANTE A

Para o Fabricante A, entre os cinco lotes analisados foram observadas diferença de até 23,49% em transmitância no pico (680 nm) entre o lote mais transparente e o mais opaco. Essas variações foram bastante significativas, visto que tratam-se de cinco lotes disponíveis no mercado, aprovados e dentro do prazo de validade.

Tomando-se o lote mais transparente (menor cobertura) como referência, podemos afirmar que os outros quatro lotes foram entregues ao mercado superando as expectativas mínimas de Poder de Cobertura, traduzindo-se unicamente em custos variáveis extras, não remunerados para os fabricantes de tintas e que se tivessem sido controlados de uma forma efetiva, poderiam ter aumentado a volumetria dos lotes, transformando-se em margem de contribuição direta nos resultados da empresa.

As diferenças entre espectros de transmissão dos cinco lotes do Fabricante A podem ser observadas na figura abaixo.

Figura 4.11 - Espectros de Transmissão para cinco lotes do Fabricante A.

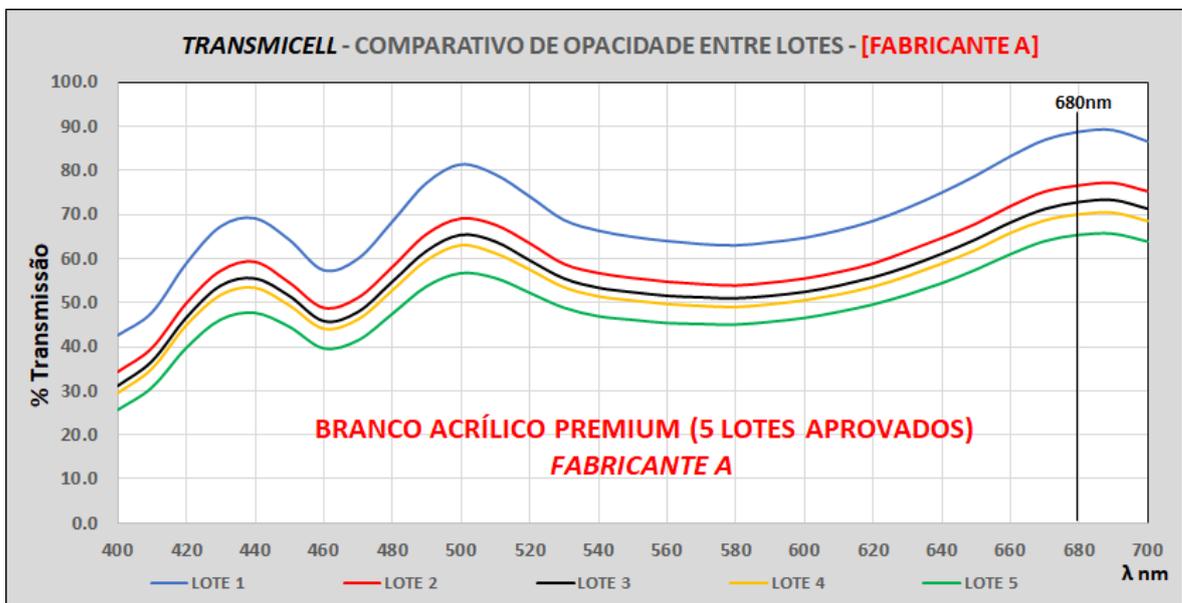


Figura 4.12 - Diferença de Transmissão entre lote mais transparente e mais opaco do Fabricante A.

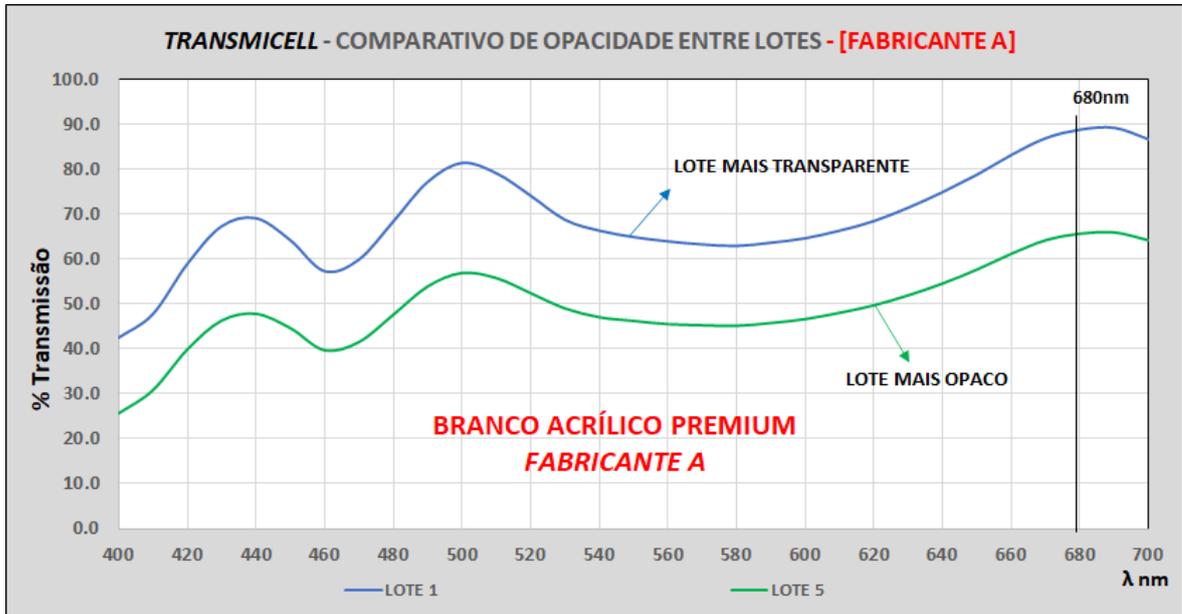
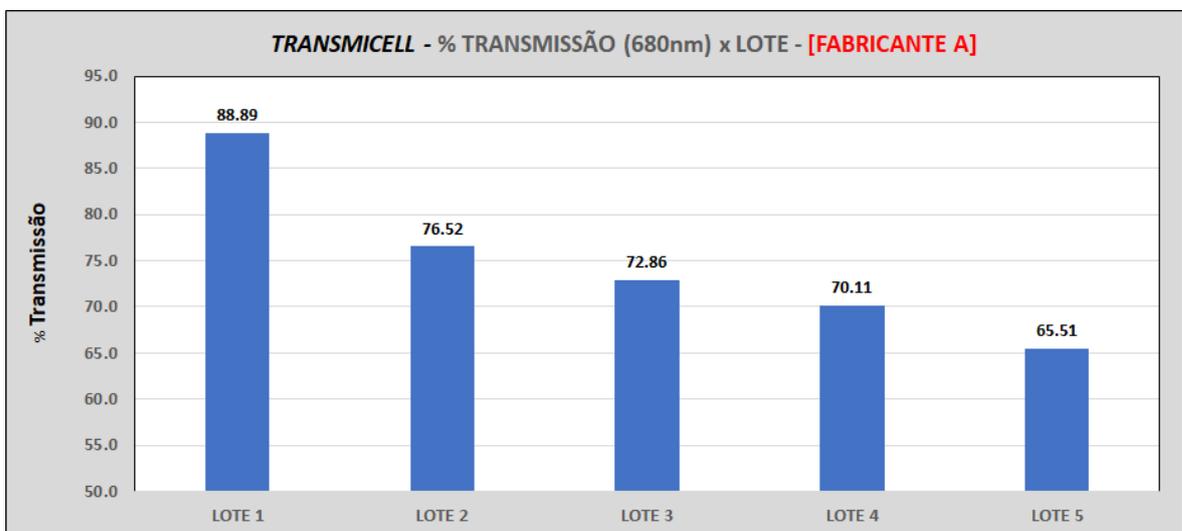


Figura 4.13 - Transmissão dos cinco lotes do Fabricante A.



Os mesmos cinco lotes foram aplicados em cartela e analisados pelo método convencional de medida da Razão de Contraste utilizando o espectrofotômetro Datacolor Check 3.

Figura 4.14 - Aplicações em cartela dos cinco lotes do Fabricante A.

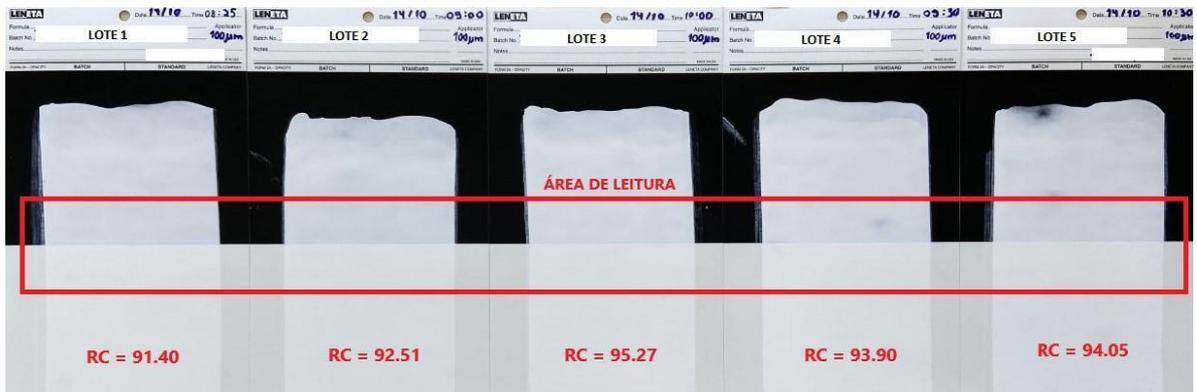
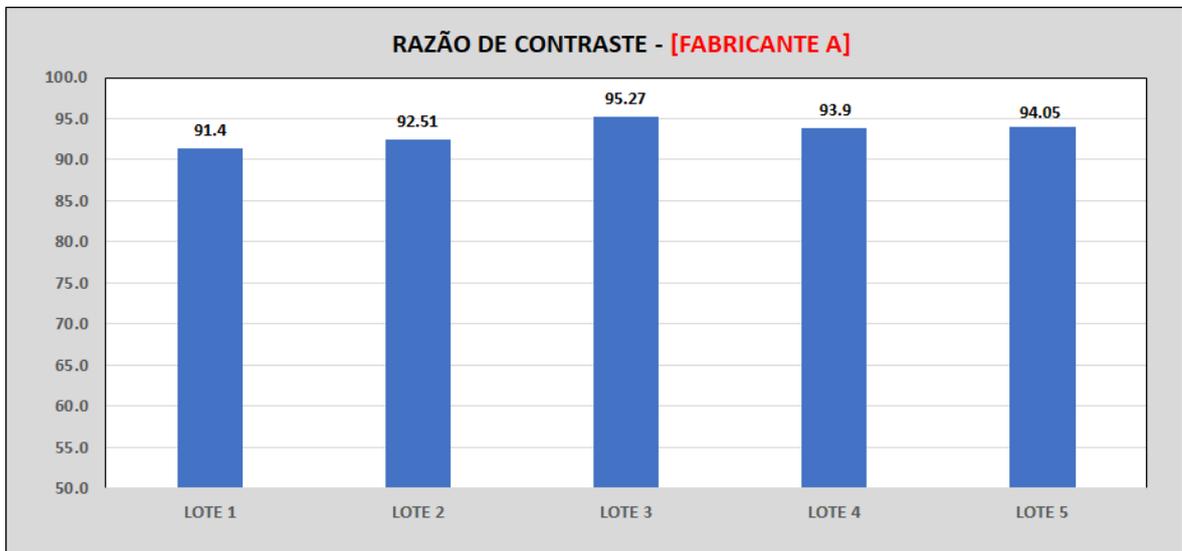


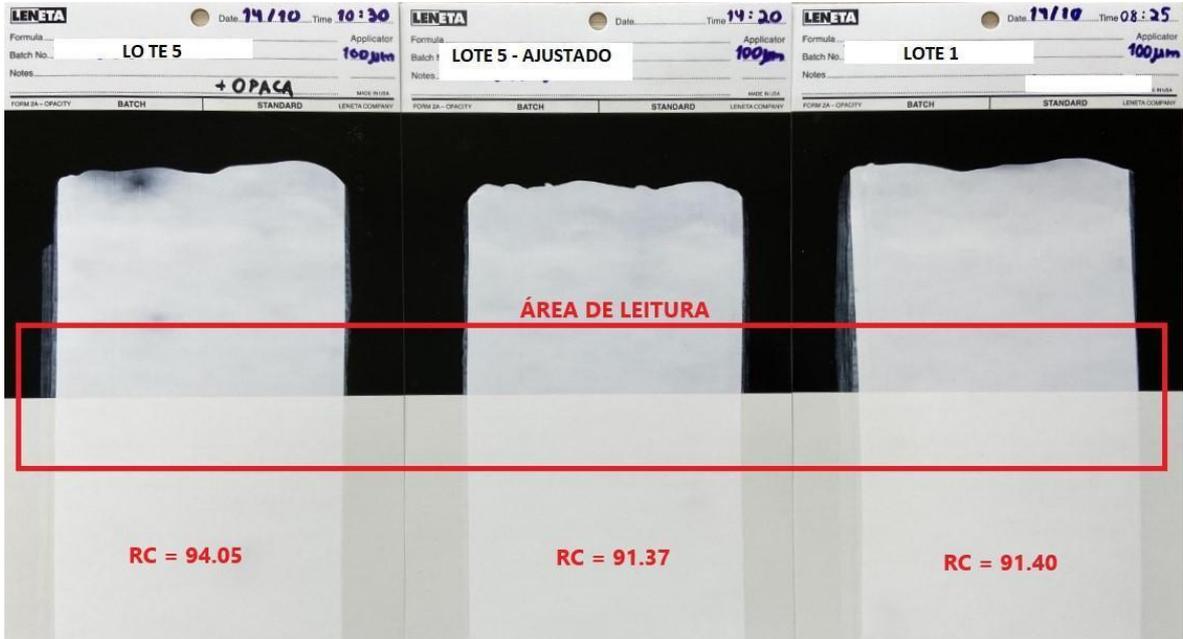
Figura 4.15 - Razões de Contraste para os cinco lotes do Fabricante A medidas através da Reflexão em cartela.



O lote ajustado foi também aplicado em cartela para medição da razão de contraste e então feita comprovação da eficácia do ajuste em atingir a razão de contraste próxima ao lote mais transparente (lote referência para a diluição). Vale ressaltar que o objetivo do ajuste por diluição volumétrica buscou atender ao mínimo a especificação de Razão de Contraste desde Fabricante. A mesma metodologia e raciocínio foram seguidos para os outros Fabricantes.

O valor estabelecido para o ajuste de lote para o Fabricante A foi 15,66% de diluição volumétrica. A figura abaixo ilustra a comparação entre as aplicações do lote mais opaco, o lote mais opaco após o ajuste e o lote mais transparente, respectivamente.

Figura 4.16 - Aplicação em cartela do ajuste e comparação com Lote mais opaco e mais transparente do Fabricante A.



4.2 FABRICANTE B

Para o Fabricante B os resultados obtidos tiveram uma menor amplitude de transmitância no pico, ou seja, uma menor variação entre os lotes, ainda que existente.

Figura 4.21 - Espectros de Transmissão para cinco lotes do Fabricante B.

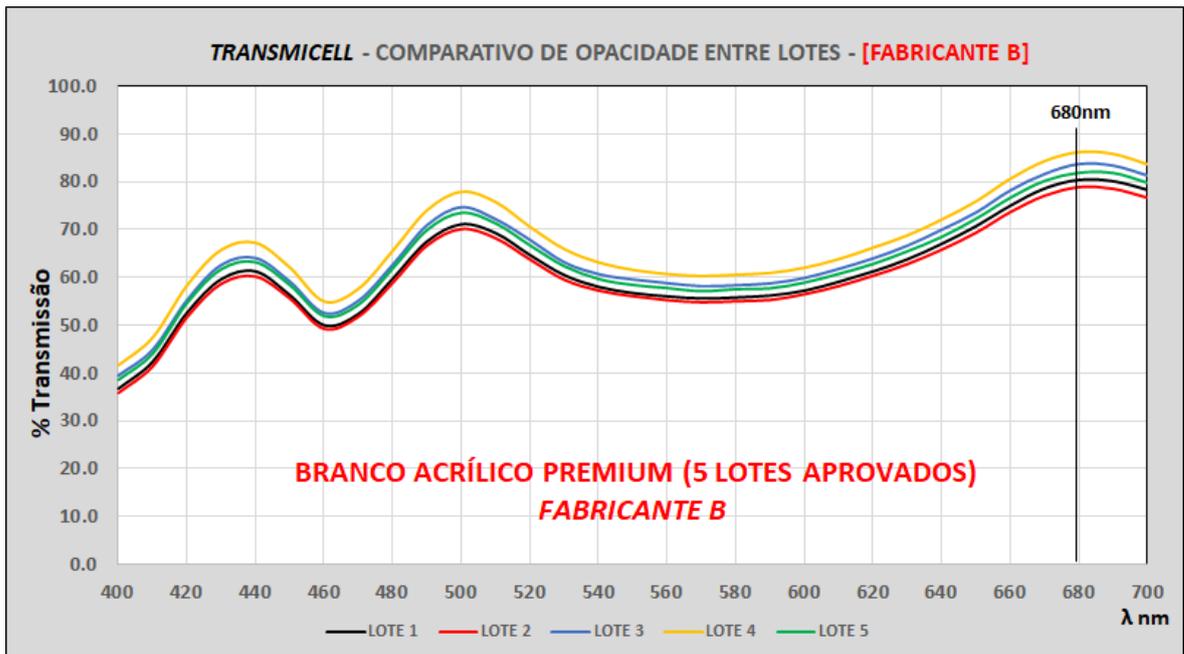


Figura 4.22 - Diferença de Transmissão entre lote mais transparente e mais opaco do Fabricante B.

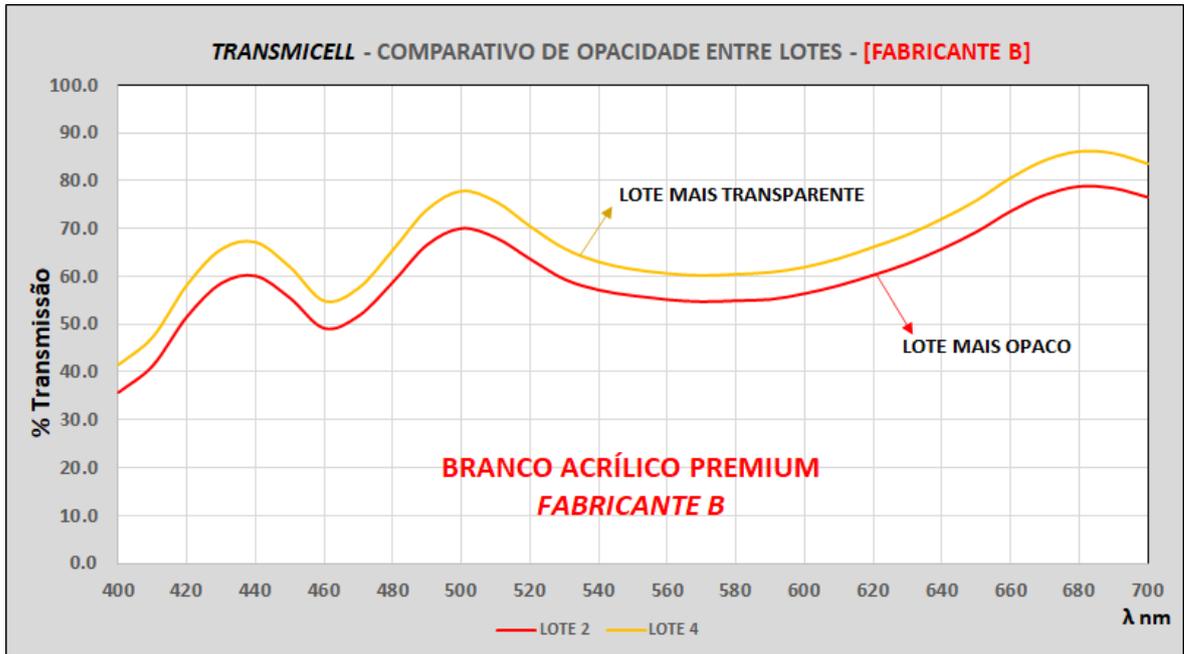


Figura 4.23 - Transmissão dos cinco lotes do Fabricante B.

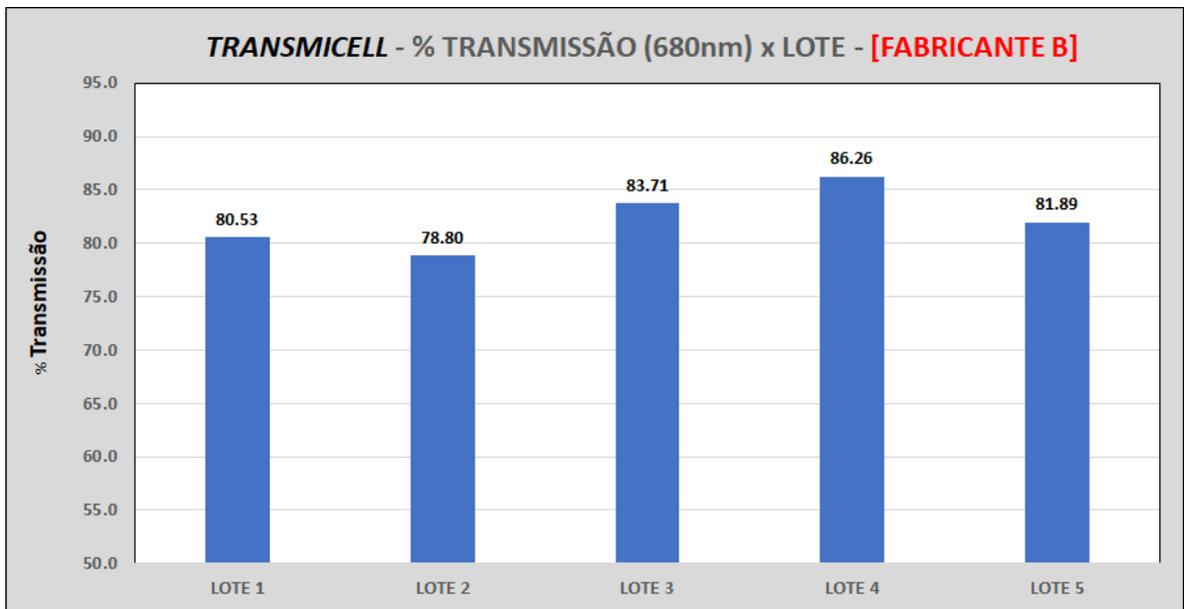


Figura 4.24 - Aplicações em cartela dos cinco lotes do Fabricante B.

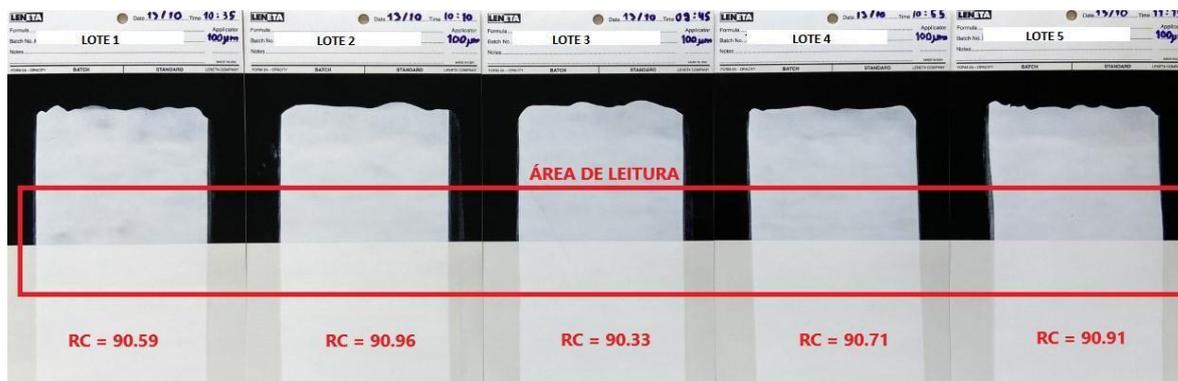
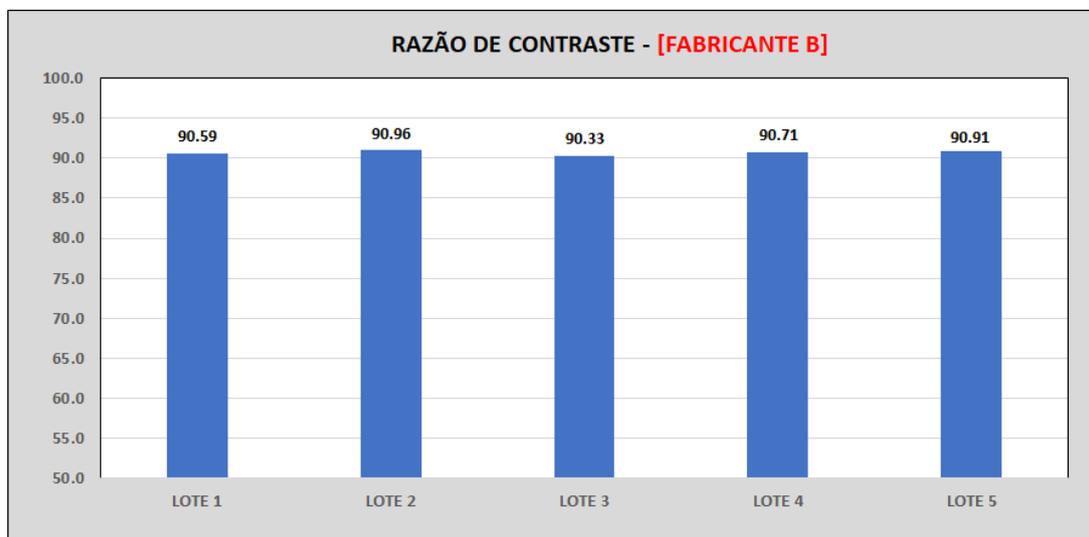
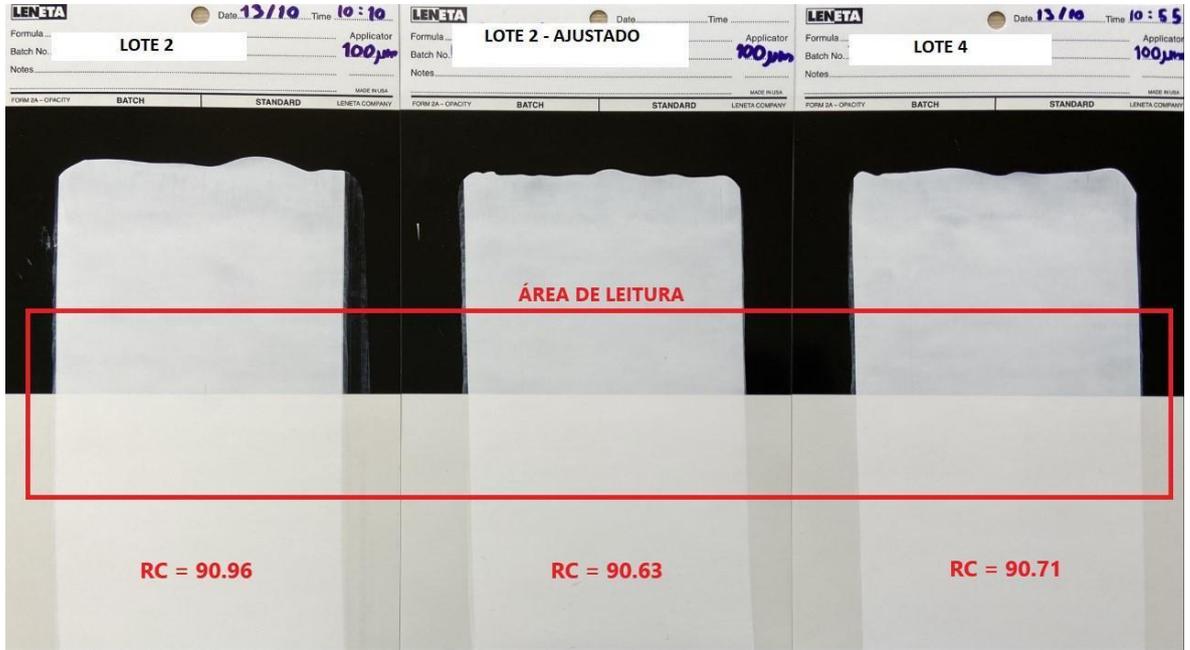


Figura 4.25 - Razões de Contraste para os cinco lotes do Fabricante B medidas através da Reflexão em cartela.



O valor estabelecido para o ajuste de lote para o Fabricante B foi 7,33% de diluição volumétrica. A figura abaixo ilustra a comparação entre as aplicações do lote mais opaco, o lote mais opaco após o ajuste e o lote mais transparente, respectivamente.

Figura 4.26 - Aplicação em cartela do ajuste e comparação com Lote mais opaco e mais transparente do Fabricante B.



4.3 FABRICANTE C

Figura 4.31 - Espectros de Transmissão para cinco lotes do Fabricante C.

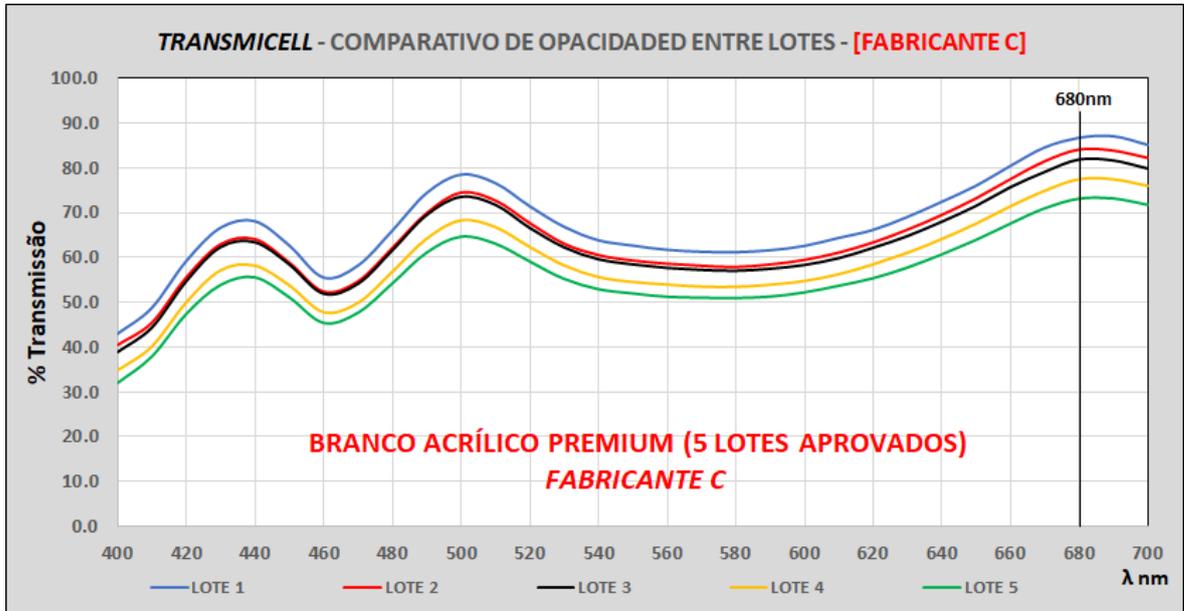


Figura 4.32 - Diferença de Transmissão entre lote mais transparente e mais opaco do Fabricante C.

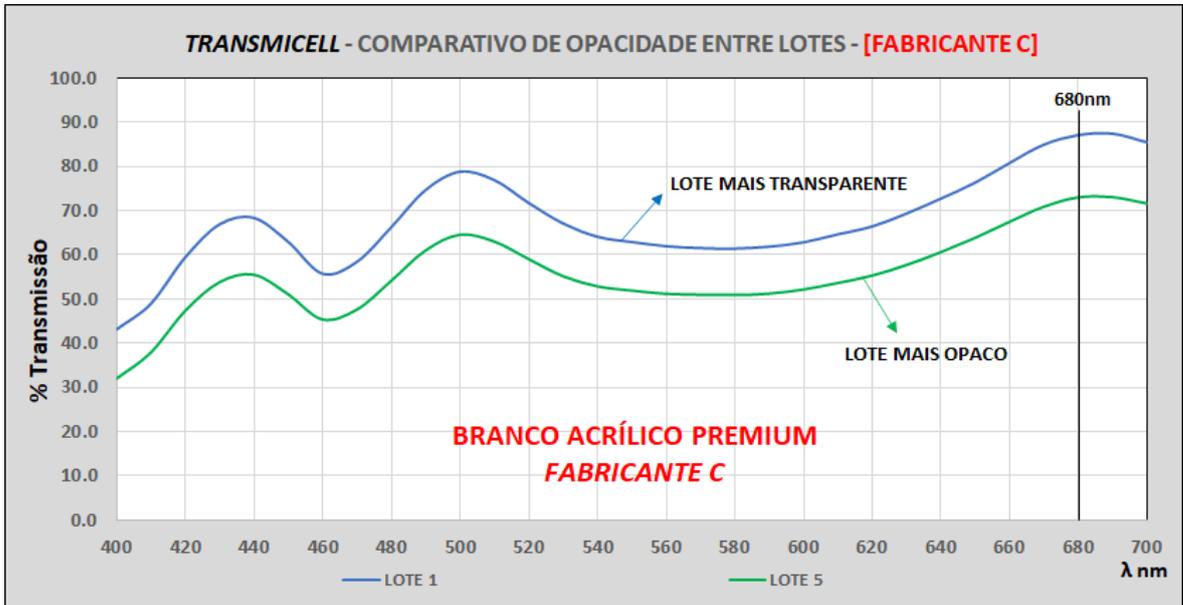


Figura 4.33 - Transmissão dos cinco lotes do Fabricante C.

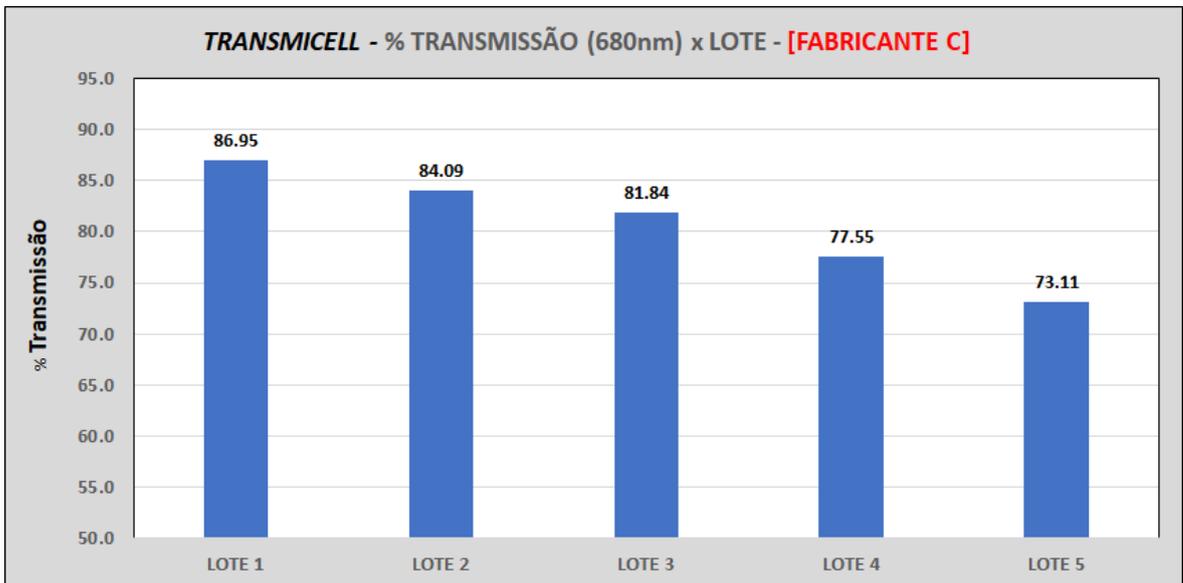
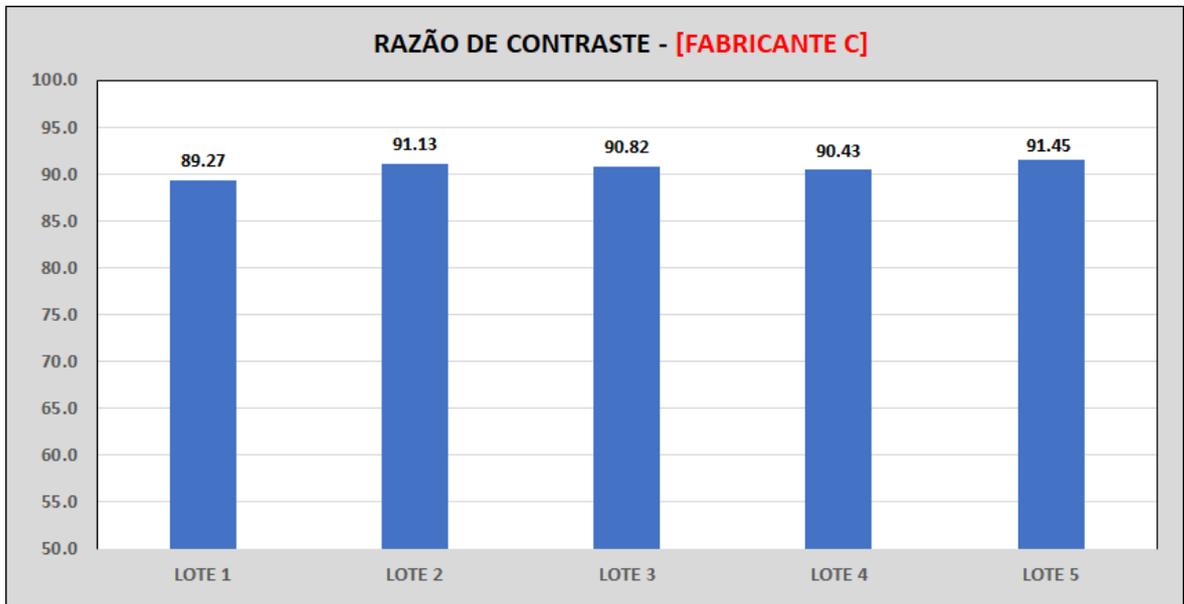


Figura 4.34 - Aplicações em cartela dos cinco lotes do Fabricante C.

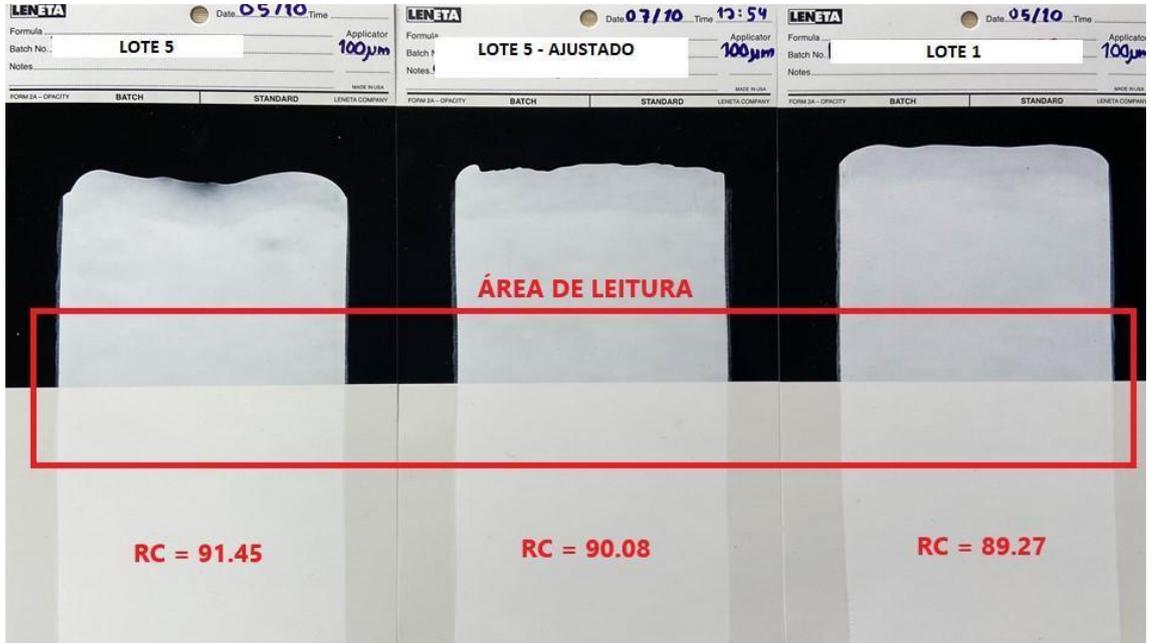


Figura 4.35 - Razões de Contraste para os cinco lotes do Fabricante C medidas através da Reflexão em cartela.



O valor estabelecido para o ajuste de lote para o Fabricante C foi 9,20% de diluição volumétrica. A figura abaixo ilustra a comparação entre as aplicações do lote mais opaco, o lote mais opaco após o ajuste e o lote mais transparente, respectivamente.

Figura 4.36 - Aplicação em cartela do ajuste e comparação com Lote mais opaco e mais transparente do Fabricante C



4.4 FABRICANTE D

Figura 4.41 - Espectros de Transmissão para cinco lotes do Fabricante D.

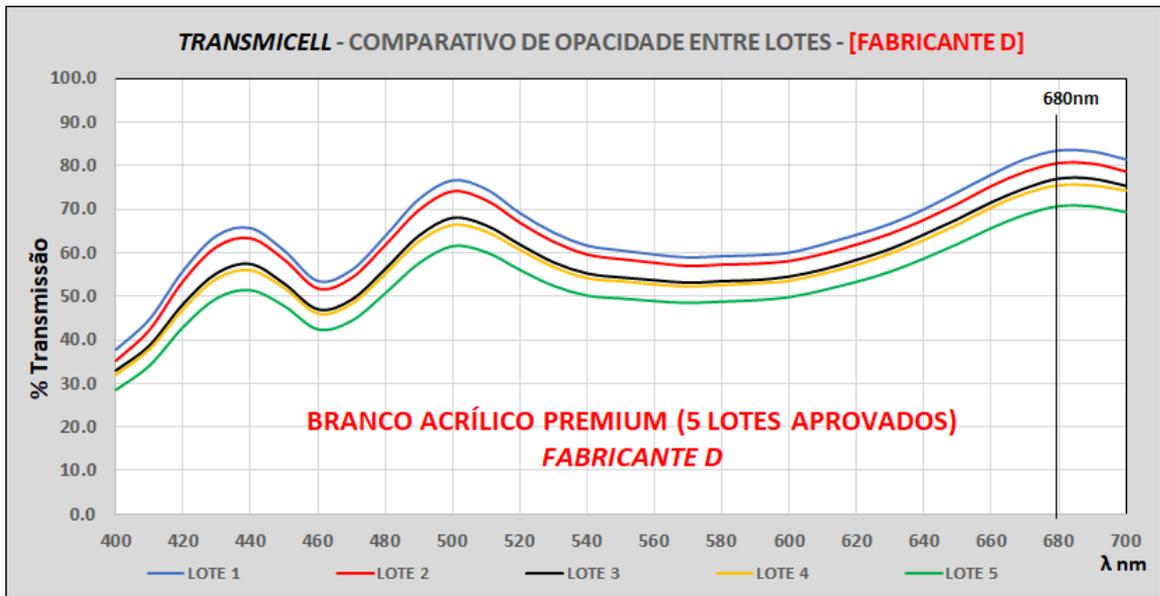


Figura 4.42 - Diferença de Transmissão entre lote mais transparente e mais opaco do Fabricante D.

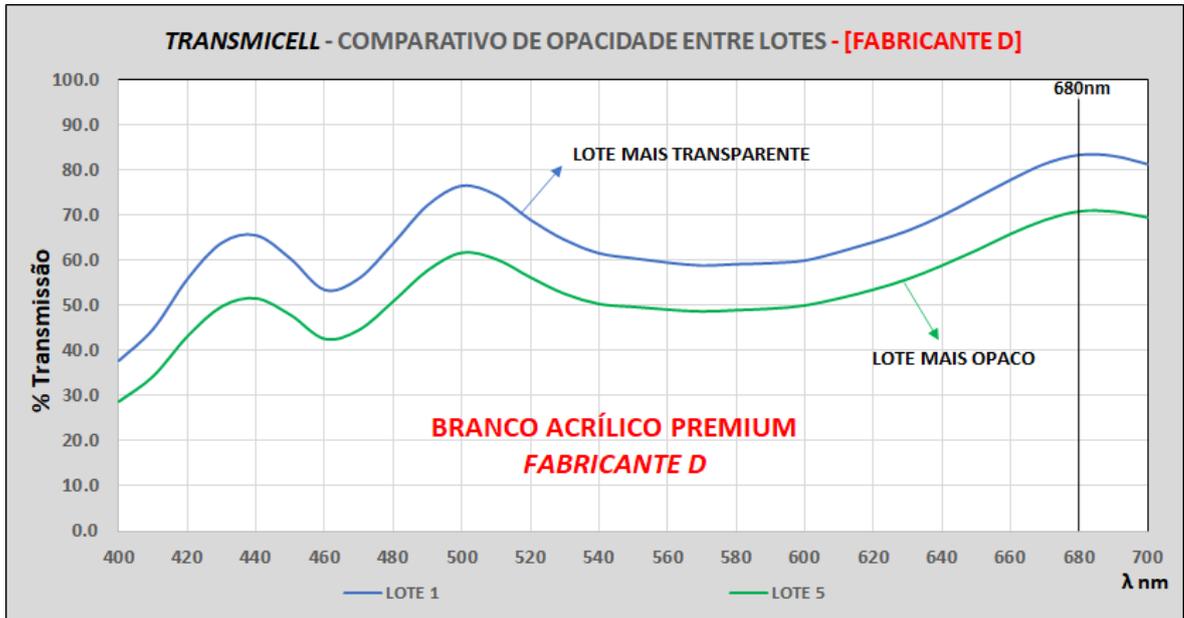


Figura 4.43 - Transmissão dos cinco lotes do Fabricante D.

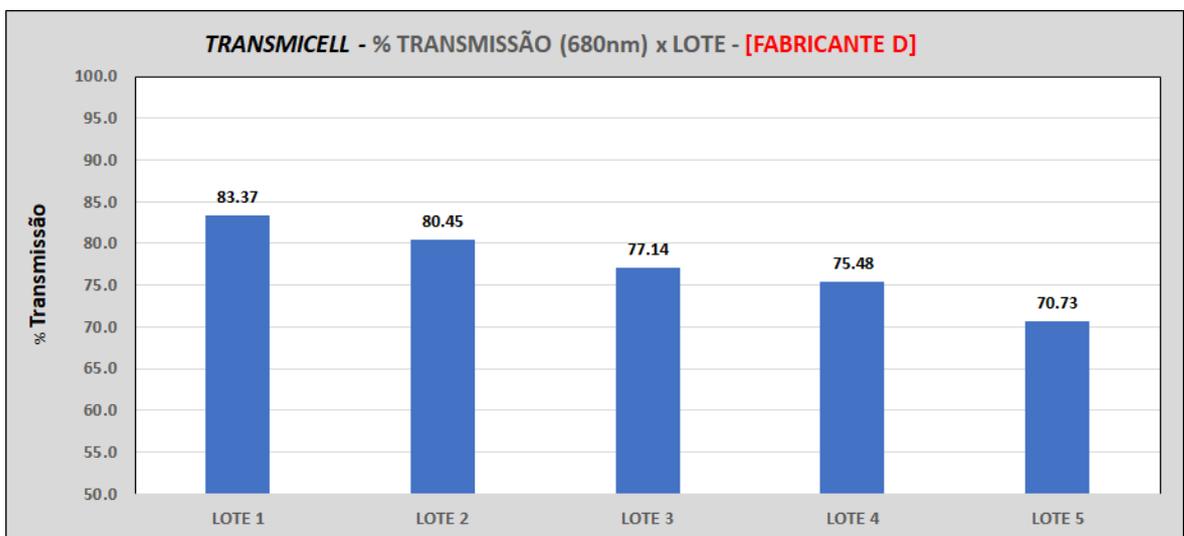


Figura 4.44 - Aplicações em cartela dos cinco lotes do Fabricante D.

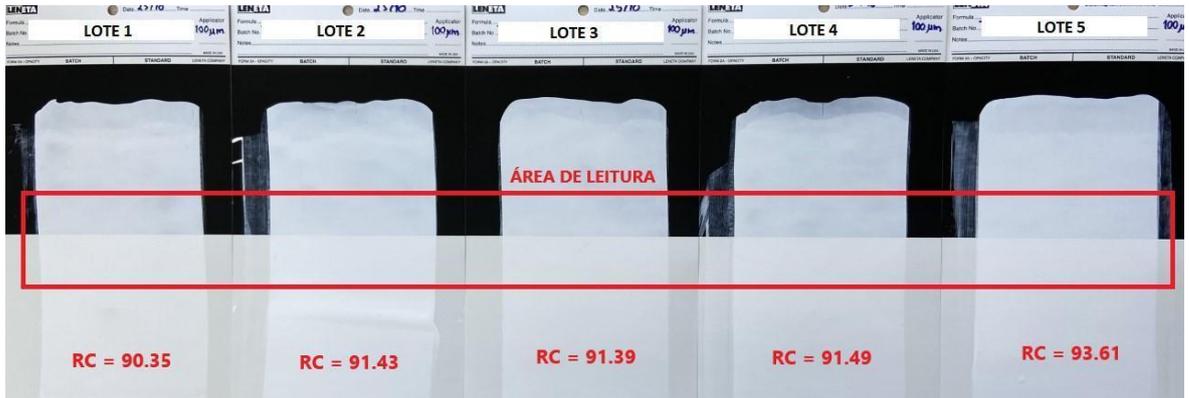
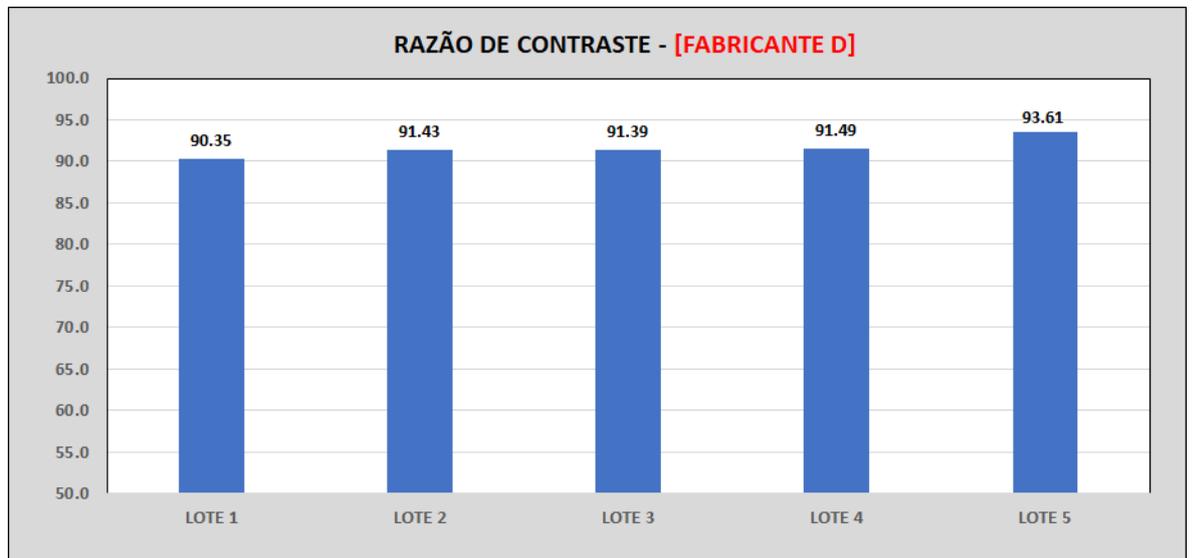
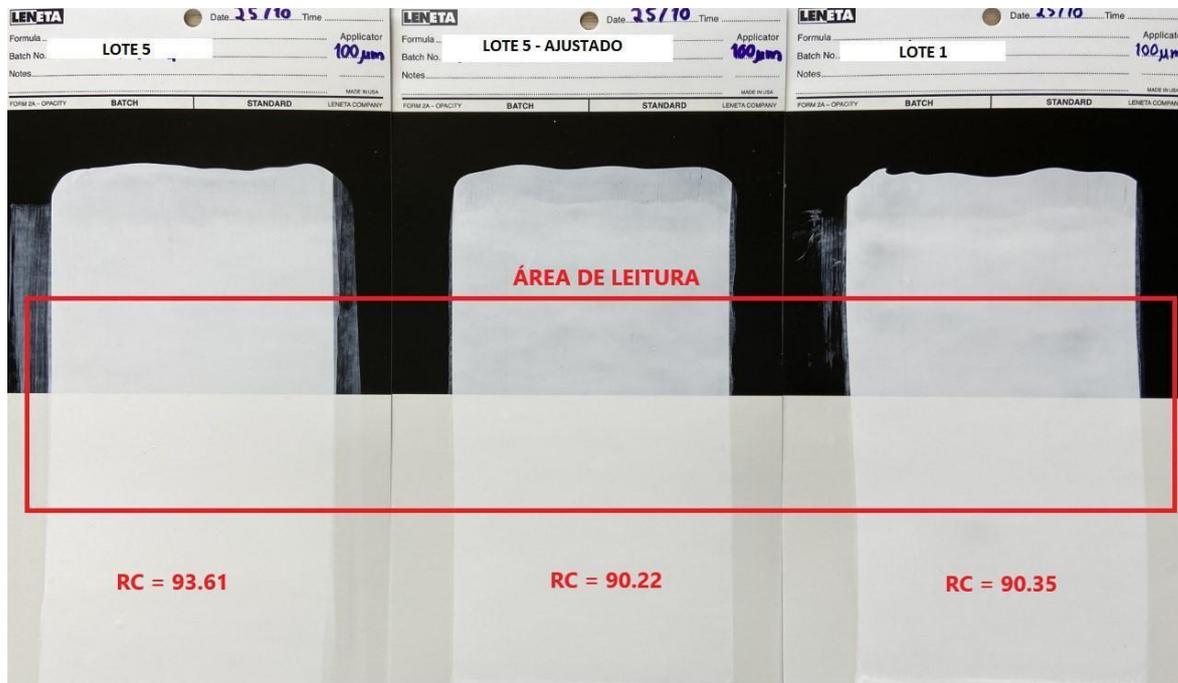


Figura 4.45 - Razões de Contraste para os cinco lotes do Fabricante D medidas através da Reflexão em cartela.



O valor estabelecido para o ajuste de lote para o Fabricante D foi 7,70% de diluição volumétrica. A figura abaixo ilustra a comparação entre as aplicações do lote mais opaco, o lote mais opaco após o ajuste e o lote mais transparente, respectivamente.

Figura 4.46 - Aplicação em cartela do ajuste e comparação com Lote mais opaco e mais transparente do Fabricante D.



4.5 RESULTADOS GERAIS

Tabela 3 – Resultados gerais consolidados de Razão de Contraste para todos Fabricantes analisados.

RAZÃO DE CONTRASTE				
	Fabricante A	Fabricante B	Fabricante C	Fabricante D
LOTE 1	91.4	90.59	89.27	90.35
LOTE 2	92.51	90.96	91.13	91.43
LOTE 3	95.27	90.33	90.82	91.39
LOTE 4	93.9	90.71	90.43	91.49
LOTE 5	94.05	90.91	91.45	93.61
Média	93.43	90.70	90.62	91.65
Amplitude	3.87	0.63	2.18	3.26
Desvio Padrão	1.50	0.26	0.84	1.19
Ajuste	91.37*	90.63*	90.08*	90.22*

Os valores grifados em azul se referem ao valor de Razão de Contraste medido para o lote mais opaco de cada Fabricante. Os valores grifados em amarelo fazem referência ao valor de Razão de Contraste lido para o lote mais transparente de cada Fabricante.

O ajuste é o valor de Razão de Contraste lido ao diluirmos o lote mais opaco (em termos de transmissão) tomando como referência o lote mais transparente, atentando a faixa de aprovação para cada Fabricação.

Tabela 4 – Resultados gerais consolidados dos fabricantes de Transmissão.

TRANSMISSÃO (%)				
	Fabricante A	Fabricante B	Fabricante C	Fabricante D
LOTE 1	89.89	80.53	86.95	83.37
LOTE 2	76.52	78.80	83.85	80.45
LOTE 3	72.86	83.71	81.84	77.14
LOTE 4	70.11	86.26	77.55	75.48
LOTE 5	65.51	81.89	73.17	70.73
Média (%)	74.98	82.24	80.67	77.43
Amplitude (%)	24.38	7.46	13.78	12.64
Desvio Padrão	9.25	2.88	5.41	4.83

Tabela 5 – Resultados gerais consolidados de ajuste de diluição.

TABELA DE DILUIÇÃO EM VOLUME				
	Diluição Fabricante A (%)	Diluição Fabricante B (%)	Diluição Fabricante C (%)	Diluição Fabricante D (%)
LOTE 1	0.00	10.45	0.00	0.00
LOTE 2	14.04	13.60	4.54	3.79
LOTE 3	17.88	4.65	7.49	8.08
LOTE 4	20.77	0.00	13.78	10.24
LOTE 5	25.60	7.97	20.20	16.40
Média (%)	15.66	7.33	9.20	7.70
Amplitude (%)	24.38	7.46	13.78	12.64
Desvio Padrão	9.72	5.25	7.92	6.26

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Levando em consideração a Tabela 3, podemos afirmar que o método convencional para aprovação dos lotes pelos Fabricantes é eficiente, tendo em vista o baixo valor de desvio padrão entre as amostras analisadas. Isso demonstra que a técnica de Razão de Contraste possui uma precisão aceitável para esta finalidade, porém não possui sensibilidade capaz de produzir ajustes do poder de cobertura de forma consistente a ponto de otimizar essa propriedade com o objetivo de reduzir o teor de pigmentos, produzindo ganhos em custos variáveis.

De acordo com as Tabelas 3 e 4 apresentadas, é possível observar que a amplitude das medições (diferença entre o lote mais opaco e o mais transparente) e o desvio padrão das análises realizadas pela *Transmicell* são significativamente maiores que o desvio padrão e amplitudes encontradas para as medidas de Razão de Contraste. Isso se deve ao fato de que o método via transmissão da luz amplifica as diferenças de opacidade existentes entre as tintas, que não são mensuráveis através do método de reflexão da luz. Ou seja, pode-se afirmar que a *Transmicell* é mais sensível para o ajuste de poder de cobertura das tintas, fato que é assegurado pela ótima estabilidade, repetibilidade e reprodutibilidade de resultados obtidos na *Transmicell*.

A Tabela 5 fornece a diluição média possível utilizando veículo acrílico para cada Fabricante analisado. O valor médio de diluição para as tintas de todos os Fabricantes analisados foi de 9,97%, sendo este um valor significativo. Isso significa um aumento de aproximadamente 10% no volume de tintas produzido sem acréscimo de custos com pigmentos.

A partir da análise das figuras 4.16, 4.26, 4.36 e 4.46, que evidenciam os lotes diluídos no ajuste e aplicados em cartela, visualmente constata-se que não existem falhas na cobertura, e ainda que diluídos, se encontram dentro da faixa de Razões de Contraste medidas para o fabricante.

5.1 SIGNIFICÂNCIA TÉCNICA

Tendo em vista a maior sensibilidade da *Transmicell* em comparação aos métodos convencionais, é possível observar diferenças significativas nos picos de transmissão de cada fabricante entre os lotes analisados. Isso pode ser explicado pelo fato de que os fornecedores

de matérias primas cruciais como o TiO_2 serem alterados com uma certa frequência, aliado à baixa sensibilidade do método convencional de ajuste de cobertura por reflexão.

Cita-se também a redução de cerca de 90% no tempo de medição e ajuste da propriedade de poder de cobertura, traduzindo-se em ganhos de produtividade.

Eliminação de erros humanos associados às diversas operações unitárias, como aplicação da película de colorante na cartela, cura do material em estufa, *flash-off* a temperatura ambiente e pesagens, oriundas da técnica convencional.

5.2 SIGNIFICÂNCIA ECONÔMICA

A partir do ajuste de cobertura via transmissão, tendo em vista a maior sensibilidade e reprodutibilidade desta nova técnica, torna-se possível operar muito próximo ao limite inferior da faixa de aprovação dos lotes de produção, possibilitando uma sensível redução nos custos variáveis em função da economia de pigmento utilizado, o que dificilmente seria factível de implementar através da técnica convencional por reflexão (razão de contraste).

Isso é possível tendo em vista que essa nova técnica permite uma sensível amplificação das diferenças do poder de cobertura entre os lotes usualmente produzidos pelos fabricantes.

Através da técnica de medição e ajuste propostas em última análise, pigmentos de alto valor agregado estariam sendo substituídos por veículos de baixo valor agregado, mantendo a qualidade do produto dentro da faixa de especificação medida pelo fabricante de poder de cobertura no momento de aprovação do lote.

Conforme dados obtidos do percentual de diluente em volume que pode ser adicionado à tinta de um mesmo fabricante, foi encontrado um valor médio de 9,97%. Este valor representa uma economia significativa em termos de economia de pigmento (TiO_2) empregado na formulação da tinta.

Além destes fatores, também vale ressaltar a redução no tempo ajuste da propriedade de cobertura, pois há ganhos significativos em termos de produtividade.

5.3 SIGNIFICÂNCIA AMBIENTAL

Tendo em vista que a nova técnica possibilita uma redução significativa no consumo de matérias primas, principalmente na carga de TiO_2 necessária para a produção de tintas, a

redução do impacto ambiental tem uma significância altamente expressiva, levando em conta que a produção desse pigmento, entre outros, causam grandes prejuízos ao meio ambiente.

Essa redução de demanda possível se estende ainda a toda a cadeia de produção, no que diz respeito ao consumo de energia, consumo de água, geração de rejeitos tóxicos, poluição atmosférica, entre outros.

Atrelado a isso, é esperada uma redução expressiva na quantidade de insumos utilizados para aplicação em cartela nos testes convencionais de cobertura seca, tendo em vista que todos os ensaios devem ser realizados em triplicata e consomem uma grande quantidade de materiais, como papel, cartelas, colorantes, solventes, palitos, entre outros.

5.4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, é possível realizar uma diluição volumétrica de **9,97%** utilizando um veículo acrílico a fim ampliar o volume dos lotes de tintas produzidas, trazendo ganhos significativos em diversos âmbitos, conforme abordado acima.

Ressalta-se ainda que a única propriedade de interesse neste estudo avaliada e ajustada foi o poder de cobertura das tintas. Um próximo estudo mais amplo englobando outras propriedades que conferidas pelas tintas deverá ser feito, a fim de avaliar os seus comportamentos frente ao ajuste de diluição volumétrica empregado.

Além dos pontos já citados nas significâncias técnica, econômica e ambiental, pretende-se futuramente realizar uma nova pesquisa utilizando a *Transmicell* para avaliar a eficiência de diferentes etapas do processo de produção de um colorante, como moagem e dispersão, que podem vir a trazer ganhos extremamente significativos. Cita-se uma possível redução de energia e tempo empregados no processo como um dos fatores passíveis de ganho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FAZENDA, J.M R. **Tintas – Ciência e Tecnologia**. 4ed versão ampliada São Paulo: Editora Blucher, 2009.

BROCK, T.; GROTEKLAES, M.; MISCHKE, P. **European Coating Handbook**. 2ed. Hannover: Vicentz Network, 2010.

BUCHMANN, G. S. **Comparação dos impactos ambientais de formulações de tintas com a aplicação da avaliação**. São Paulo, 2018.

ABNT NBR 14942:2019 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder de cobertura de tintas seca e rendimento teórico. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas: 10 p. 2019a.

ABNT NBR 14943:2018 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder de cobertura de tinta úmida. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas: 5 p. 2018a.

ABNT NBR 15079-2:2019 - Tintas para construção civil - Requisitos mínimos de desempenho. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas: 6 p. 2019a.

ABRAFATI. **O setor de tintas no Brasil 2020**. Disponível em: <<https://abrafati.com.br/o-setor-de-tintas-no-brasil/>>. Acesso em 22/10/2020.

PEIXOTO, C. A. M. **Ajuste da cor de tintas no estado líquido**. Porto Alegre, 2016.

PETTER, C. O., & GLIESE, R. ([200-]). **Fundamentos da Colorimetria**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Divisão de Orientação e Incentivo à Qualidade; Diretoria da Qualidade; Inmetro. **Relatório sobre análise em tintas imobiliárias látex econômicas**. Rio de Janeiro, 2008.

ASTM D2805-11(2018), Standard Test Method for Hiding Power of Paints by Reflectometry, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844 ISBN9788577808489.

Huda, N., 2018. Journal of Cleaner production. **Towards sustainable TiO₂ production: An investigation of environmental impacts of ilmenite and rutile processing routes in Australia.** Sydney, Australia. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.156>

Dióxido de Titânio Eficiência em brancura e opacidade. São Paulo: Número 219, março de 2017.