



ADHARA SMITH NÓBREGA



Biocompatibilidade de pigmentos e a  
influência de diferentes métodos de  
incorporação em propriedades físicas e  
mecânicas de silicones para próteses  
bucomaxilofaciais

Araçatuba – SP

2017

ADHARA SMITH NÓBREGA

Biocompatibilidade de pigmentos e a  
influência de diferentes métodos de  
incorporação em propriedades físicas e  
mecânicas de silicones para próteses  
bucomaxilofaciais

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia do  
Campus de Araçatuba – Universidade Estadual  
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- UNESP, para  
obtenção do Título de DOUTORADO EM  
ODONTOLOGIA (Área de concentração em Prótese  
Dentária).

**Orientador:** Prof. Titular. Marcelo Coelho Goiato

Araçatuba – SP

2017

Catálogo na Publicação (CIP)

Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

Nobrega, Adhara Smith.

N754i Biocompatibilidade de pigmentos e a influência de diferentes métodos de incorporação em propriedades físicas e mecânicas de silicones para próteses bucomaxilofaciais / Adhara Smith Nobrega. - Araçatuba, 2017

151 f. : il. ; tab.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Odontologia de Araçatuba

Orientador: Prof. Marcelo Coelho Goiato

1. Prótese maxilofacial 2. Elastômeros de silicone 3. Cor  
4. Corantes 5. Citotoxicidade imunológica I. T.

Black D3

CDD 617.69

# Dados Curriculares

## Adhara Smith Nóbrega

Nascimento 11/11/1987 – São Paulo – SP/Brasil

Filiação Nilva Marisa Andrade Smith  
Rogério Nobrega

2008/2011 Graduação em Odontologia  
Faculdade de Odontologia de Araçatuba – Universidade  
Estadual Paulista - Júlio de Mesquita Filho

2012/2014 Curso de especialização em Prótese Dentária na Faculdade  
de Odontologia de Araçatuba – Universidade Estadual  
Paulista - Júlio de Mesquita Filho

2012/2014 Curso de Pós - Graduação em Odontologia, área de Prótese  
Dentária, em nível de Mestrado na Faculdade de  
Odontologia de Araçatuba- UNESP



*Dedicatória*

Àquela que eu desejei e esperei chegar por treze anos.

Àquela que é meu motivo de orgulho e admiração.

E que agora pretende seguir os meus passos na reconstrução de sorrisos...

**...Bárbara Teodoro Nóbrega.**



*Agradecimentos*

*Especiais*



## *A Deus*

Nada seria possível nessa vida, se Ele não permitisse!

Obrigada meu Deus, por Se mostrar presente em todos os momentos da minha vida, principalmente aqueles de maior desespero. As provações foram muitas, mas graças à Sua força, eu consegui! Cheguei até aqui!

Obrigada por colocar em meu caminho verdadeiros anjos ao longo da vida, amigos que sempre me ajudaram a lembrar da Sua existência e me deram o suporte necessário.

Pai Amado, Sua luz guia meus passos pelos caminhos escuros e Sua benção recai sobre mim. A minha gratidão e o meu amor são imensuráveis...

## *Aos Meus Pais*

Para começar, a minha vida não seria possível sem vocês.

Obrigada por me amarem de forma tão linda! Mesmo estando à distância, o amor de vocês me acalentava.

Obrigada pelo suporte emocional e psicológico. O colo de vocês e as orações é que me protegeram todos os dias, criando uma barreira contra toda energia negativa.

Obrigada também pelo suporte financeiro, por permitir que eu continuasse meus estudos, atingindo o nível de doutorado. Eu sei que não foi fácil, e um dia, espero que em breve, recompensarei vocês por cada gota de suor e esforço realizado.

**Tuca e Rogério**, obrigada por serem os melhores pais desse mundo. Amo vocês!

Obrigada mãe, por me dar um segundo pai, que há 17 anos participa da minha educação, criação e compartilha do mesmo amor e carinho.

Obrigada pai, por me dar mais uma mãe, exemplo de força e de puro amor, que faz de tudo para ser presente todos os dias e ter uma família unida.

**Wilson e Roberta** obrigada por todo amor, tempo e atenção dedicados a mim. Obrigada também por aumentarem nossa família, e me darem os irmãos mais maravilhosos do mundo: **Amanda, Rodrigo, Vitória, Carol, Cris e Caio.**

## *À Minha Família*

Agradeço aos meus avós **Vô Plácido (Plácido Nóbrega)** (*in memorian*), **Vô Mith (Nitton Schmith)** (*in memorian*), **Vó Mirinha (Zulmira Andrade Schmith)** (*in memorian*) e **Vó Sônia (Sônia Pipino Nóbrega)** (*in memorian*) por proporcionarem a família mais linda desse mundo. Através dos filhos mais unidos e mais amigos, que fazem todos os dias o amor e os valores ensinados por vocês se perpetuarem. Sei que daí de cima vocês continuam orientando nossos passos e tendo orgulho dessa linda família.

Aos meus tios que sempre se fizeram presentes, do amor e carinho até as broncas, influenciando as minhas escolhas, sempre fazendo parte da minha vida e da minha história... **Tio Hil (Newton Hilson Andrade Smith)** (*in memorian*), **Tia Lu (Lúcia Oki Smith)**, **Tia Nil (Nilza Maria Andrade Smith)**, **Tio Arno (Arno Witte)**, **Tia Có (Nilce Neide Andrade Smith)**, **Tio Flávio (Flávio Medeiros)**, **Tia Rê (Regina Nobrega Gomes de Araújo)**, **Tio Mário (Mário Rubens Gomes de Araújo)**, **Tia Gu (Regiane Nobrega França)** e **Tio Bibi (Luiz Augusto França)**, sem a colaboração de vocês, seja me ensinando matemática nos tempos de escola ou me proporcionando um lugar pra morar durante o cursinho, proporcionarem auxílio financeiro para minha educação, ou, ainda, simplesmente se preocupando comigo, eu não teria chegado até aqui! É muito amor em uma família! Amo vocês!

Obrigada também aos meus primos, que são como irmãos! A ligação presente entre os irmãos, nossos pais e tios, se projeta para nós. Amo vocês, **Carol (Carolina Oki Smith)**, **Mari (Mariana Oki Smith)**, **Nay (Nayara Nóbrega de Araújo)**, **Silvio (Silvio Louro)**, **Raks (Rafael Nóbrega de Araújo)**, **Bubu (André Luiz Nóbrega França)**, **Digo (Rodrigo Araújo Louro)** e **Gu (Gustavo Araújo Louro)**.

## *Ao Meu Orientador*

Agradeço ao meu professor e orientador há 8 anos, **Professor Titular Marcelo Coelho Goiato** por me ajudar a descobrir o meu amor pela disciplina de prótese já no início da graduação e me apresentar a prótese bucomaxilofacial.

Obrigada também por me apresentar a vida acadêmica, nunca antes imaginada, hoje motivação no meu dia-a-dia. Obrigada pela paciência, pelos ensinamentos, inclusive quando vieram seguidos de puxões de orelha, essa é uma das funções de um pai, mesmo que acadêmico.

Professor, que o senhor continue sempre executando esse lindo trabalho com as próteses bucomaxilofaciais, que traz o seu reconhecimento a nível internacional. Levarei com orgulho o seu nome como orientador ao longo de toda a minha vida.

Aproveito para estender os agradecimentos à **Professora Adjunta Daniela Micheline dos Santos**, braço direito do meu orientador, que muito auxilia na coorientação, harmonia e progresso do grupo, exemplo de dedicação e ascensão na vida acadêmica.

## *À Minha Inspiração*

Na vida, todos temos exemplos bons e ruins, os quais devemos selecionar criteriosamente para decidir quais devemos seguir.

Entre os anjos que Deus colocou no meu caminho, existe uma professora da qual me aproximei há 5 anos durante o período de especialização. Ela se tornou um exemplo a ser seguido, dos melhores, diga-se de passagem.

Exemplo de profissional. É ótima professora, ministra aula lindas e de altíssima qualidade, além de possuir técnica e conhecimentos clínicos invejáveis. Espero um dia poder ser uma professora admirada, competente e querida como você!

Exemplo de bondade e educação, de saber respeitar ao próximo, de tratar o ser humano de forma realmente humana. Com você venho aprendendo a lidar com alunos, pacientes e pessoas em todas as esferas da vida profissional e pessoal. A minha aproximação e admiração por você se fortaleceram durante o tratamento da mais importante paciente para mim, minha mãe. Obrigada pelo carinho e atenção a ela dedicados.

Exemplo de fé inabalável. Crê no nosso Pai maior de maneira admirável. Sei que orou e ora por mim diariamente. Inúmeras vezes quando a distância impedia de receber o acalento dos meus pais, foram as suas palavras amigas e seus abraços que cumpriram esse papel.

A você, minha amiga e **Professora Assistente Doutora Adriana Cristina Zavanelli**, muito obrigada pela amizade e dedicação. Você me inspira diariamente a ser uma pessoa melhor!

## *À minha "Braço Direito"*

Àquela que participou ativamente de todas as partes dessa tese, confeccionando amostras e ajudando a realizar os ensaios, às vezes acordando 3 horas da manhã.

Àquela que durante esse período compartilhou comigo momentos de muita alegria e tristeza, de empolgação e também desânimo, inclusive na vida pessoal, mas que não deixava, assim como eu, de acreditar em um final feliz.

Àquela que se tornou além de parceira de laboratório, minha parceira de cerveja, de japa e de crossfit. Muito mais do que uma aluna de Iniciação Científica, uma verdadeira amiga!!

A você minha amiga **Estefânia Marrega Malavazi**, meu muito obrigada por estar ao meu lado nessa caminhada.



*Agradecimientos*

## *À Minha Faculdade*

À **Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP**, na pessoa do diretor **Professor Titular Wilson Roberto Poi** pela oportunidade de realização dos cursos de Graduação, Especialização, Mestrado e Doutorado, pelos seus funcionários e corpo docente.

Agradeço também Professor, pela sua amizade e exemplo de ser humano! Seus ensinamentos nas aulas do mestrado se concretizam no meu dia-a-dia. Fico feliz de ter tido um mestre como o senhor de referência em minha vida.

Ao Coordenador do **Programa de Pós-Graduação em Odontologia**, da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” **Professor Adjunto André Luiz Fraga Briso**, pela competência e afincamento na condução da nossa pós-graduação, fazendo com que nosso programa se torne a cada dia melhor. Obrigada também por disponibilizar seus equipamentos quando me foi necessário realizar alguns dos testes que compõem essa tese, bem como à sua orientada **Marjory Gallinari** pela sua disponibilidade e boa vontade.

Estendo os meus sinceros agradecimentos ao vice-coordenador, o **Professor Adjunto Celso Koogi Sonoda**, bem como às funcionárias **Valéria de Queiroz M. Zagatto**, **Cristiane Regina Lui Matos** e **Lilian Sayuri Mada** pela disposição e boa vontade em nos ajudar ao longo desses 6 anos de pós graduação. Vocês foram essenciais para que eu chegasse até aqui.



## *Às Agências de Fomento*

À **Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da Bolsa de Doutorado durante os primeiros meses do curso. Meus sinceros agradecimentos.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)**, que me concedeu durante os anos de trabalho acadêmico sob a orientação do Professor Marcelo, as bolsas de Iniciação Científica (Processo 2010/11765-0), de Mestrado (Processo 2012/05270-3) e de Doutorado (Processo 2014/11765-0). Agradeço mais uma vez pela confiança em mais um projeto, que me permitiu investir ainda mais na minha carreira profissional.

Aproveito esse espaço para agradecer a **Indústria Orbital Colors**, responsável pelo desenvolvimento do novo pigmento, que abraçou a ideia desse projeto. O nosso muito obrigada.

## *À Banca Examinadora*

Sobre não existir uma banca melhor do que essa para enriquecer essa pesquisa.

Ao **Professor Titular Humberto Gennari Filho**, para mim é uma honra ter o senhor compondo a mesa nesse tão importante momento. Não tive a oportunidade de obter seus aprendizados durante a graduação, mas essa ausência foi compensada durante os meus 5 anos de pós-graduação. O Senhor é exemplo de competência e dedicação! Seu carisma e sua boa vontade fazem com que estar em sua presença nos sintamos muito bem amparados. Aprendi e ainda aprendo diariamente com o senhor. As suas considerações serão de grande valia para mim. Saiba que sou sua fã.

À **Professora Adriana Cristina Zavanelli** por atender tão prontamente e me dar suporte em mais esse momento, e permitir que seus conhecimentos venham a acrescentar esse trabalho.

À **Professora Simone Cecilio Hallak Regalo** por se mostrar tão querida, atenciosa e disponível. Seu conhecimento é ímpar, e com toda a certeza irá acrescentar muito para esses artigos. A sua bondade é reconhecida prontamente por todos que a cercam. Tenho certeza de que o mundo acadêmico seria de mais fácil convivência se as pessoas que fazem parte dele fossem como a Senhora.

À grande amiga e **Professora Marcela Filié Haddad**, que ajudou o nosso orientador durante a minha tutela na Iniciação Científica. Com você aprendi a pesquisar nas bases de dados e as estruturas de um trabalho de pesquisa. Hoje meus slides, tão elogiados em sala de aula, ainda apresentam as características e os refinamentos estéticos por você ensinados. Você é contribuinte em uma grande parte da profissional que hoje eu sou. O seu conhecimento por ter estado nessa mesma linha de pesquisa será de grande valia e importância nesses capítulos.

À **Professora Adjunta Sandra Helena Penha de Oliveira** por ter contribuído diretamente na realização do Capítulo 1 desta tese. Através do seu grupo me foi possível conhecer uma nova metodologia de trabalho, totalmente diferente de tudo que até então eu havia executado. O seu vigor e sua animação são dignos de admiração. Obrigada pela oportunidade e pela amizade. Aproveito esse espaço para agradecer a todos os seus orientados, em especial à querida e competente amiga **Doutora Aline Satie Takamyia**, sem a qual eu não teria executado os ensaios aqui realizados. Ela esteve ao meu lado em todos os momentos. Obrigada pela paciência e por ter me ensinado tanto. O seu futuro como docente de extrema competência e sucesso, é garantido.

Ao grande amigo e **Professor Joel Ferreira Santiago Júnior**, muito obrigada por todo o apoio, dedicação e amizade dedicados durante os anos de pós-graduação que tive o prazer de dividir com você. Suas palavras amigas e paciência aliadas à educação sempre fizeram de você um ser humano fantástico. Seus conselhos e seus conhecimentos, sempre foram de grande valia para mim. Você transforma indivíduos em pessoas melhores. Obrigada por fazer parte desse momento tão importante.

Ao **Professor Valentim Adelino Barão** pelos momentos que pude conviver durante a pós e por ser esse ser humano determinado e de grande exemplo acadêmico. A sua inteligência e dedicação te colocam em um nível altíssimo de profissionalismo e conhecimento. É uma honra ter a oportunidade de você avaliar este trabalho.

A todos vocês, profissionais do mais alto gabarito, meu muito obrigada por atender a esse convite.

*Ao Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese*

Aos professores do **Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese**, por sempre se mostrarem prestativos e com vontade de ensinar.

Agradeço também pela acolhida e pelos funcionários do departamento pela hospitalidade, e oportunidade de fazer parte dessa equipe, em especial à secretária **Magda Requena Caciatore**, por ser o ponto de apoio e grande amiga.

## *Aos Mestres*

Agradeço a todos os meus professores de graduação e pós-graduação, que me inspiraram a tomar amor por esse curso.

Agradeço em especial ao **Professor Assistente Doutor José Vitor Quinelli Mazaro**, por ser o melhor cirurgião que eu tive oportunidade de conhecer. Um exemplo de carisma, dedicação e amor pela odontologia. Obrigada pela oportunidade de aprender e me apaixonar pela periodontia e me orientar a aperfeiçoar meus planejamentos reabilitadores. Obrigada também por ter executado um atendimento impecável à minha mais cara paciente, minha mãe. Agradeço também ao **Professor Doutor Rodrigo Sversut de Alexandre** por complementar os ensinamentos do Professor José Vitor. Ter a oportunidade de conviver com a equipe de trabalho de vocês me abriu novos campos de visão e desejo de aperfeiçoamento na clínica odontológica.

À maravilhosa e querida **Professora Assistente Doutora Aimée Maria Guiotti**, por ter sanado tantas dúvidas sobre as metodologias empregadas nesse trabalho, por ter cedido os pigmentos, e por toda atenção sempre dedicada. Início a minha carreira de docente onde você deu início a sua, onde é um modelo e referência até os dias de hoje.

## *Aos Anjos*

Eu agradeço à Deus pelos anjos que ele colocou ao longo dos anos em minha vida em forma de grandes amigos. Amigos esses que mesmo à distância sempre se fizeram presentes, dividindo todos os momentos da minha vida.

Agradeço aos meus lacinhos, amizades mais puras da minha infância e que se perpetuam na vida adulta. Vocês sempre estiveram presentes nas minhas lágrimas, independentemente de serem de alegrias ou de tristeza. Com vocês a vida é intensa, feliz e admirável! A tatuagem na pele leva para sempre o nosso amor... “Nó aperta, laço enfeita!”

Ao meu primeiro amigo em Araçatuba e até hoje um dos melhores que eu tenho, **Yugo Honda**, vulgo **Coxinha**. Obrigada pelos conselhos dados, principalmente os que eu não segui. Espero que você entenda os meus puxões de orelha ao longo desses anos com relação ao seu estudo e obrigada por estar ao meu lado em momentos de extrema importância, mesmo que apenas compartilhando do meu silêncio. Amigos leais como você, são uma espécie rara.

À **Dra. Agda Marobo Andreotti**, uma das minhas primeiras amizades da faculdade, a qual tive a felicidade de ter presente ao meu lado durante a vida de graduação e pós-graduação. Tivemos a oportunidade de todos os dias dividir nossas angústias, o que facilitou o nosso caminho nessa jornada. Mas tivemos oportunidade também de dividir a cerveja, a música, a família e o amor que nutrimos uma pela outra. Não é à toa que encerramos esse ciclo também juntas. Tem gente que é para sempre, não importa o que aconteça.

Ao **Ms. Régis Alexandre de Mello** que eu tive a oportunidade de me aproximar durante o seu curso de mestrado e de repente nos tornamos indispensáveis um na vida do outro. Mesmo a milhares de quilômetros de distância você se fez presente em todos os momentos pessoais e profissionais da minha vida. Obrigada pelas palavras, mesmo as mais duras quando foram necessárias.

À **Ms. Hiskell Francine Fernandes e Oliveira**, vulgo pinguim. Obrigada pela sua amizade que chegou em hora tão propícia, pelas risadas compartilhadas, pelos abraços que me foram necessários, por essa amizade tão linda que compartilhamos. Você está fazendo falta no meu dia-a-dia, afinal era meu “anjo” mais próximo, apenas 3 andares nos separavam. Mas o que importa é o lado de dentro, e mesmo estando alguns quilômetros

mais longe sei que nada mudará. Obrigada por ter apresentado à pessoa mais engraçada e alto astral da vida, que se tornou uma amiga essencial, nesta jornada, **Jéssica Quereza**, obrigada por ser tão ativa, companheira, engraçada. Sua presença ilumina o ambiente, é uma felicidade desfrutar de sua companhia!

## *Aos Amigos*

À minha **Turma 54**, por todos os momentos compartilhados na graduação, pelo exemplo de união e determinação, pelas grandes amizades que com vocês nasceram e até hoje permanecem. “A melhor sala é nossa”... E para sempre será!

Aos colegas de pós-graduação que tive a oportunidade de conviver ao longo desses anos, **Professor Assistente Doutor Aldiéris Alves Pesqueira, Professora Doutora Amália Moreno, Professor Doutor Daniel Almeida, Caroline Cantieri de Mello, Jéssica Gomes, Aljomar José Vecchiato, Liliane Bonatto, Mariana Vilela, Sandro Bittencourt, Emily Viviane Silva, Rodrigo Antônio de Medeiros, Fernando Isquierdo** e tantos outros. Obrigada por todo o aprendizado, não apenas acadêmico, obtido no convívio com vocês.

Às bixetes mais queridas que eu poderia ter **Priscila Vedoato, Carolayne Cunha e Yara Matsu**.

À família **CT Interact**, por ser tão unida e me proporcionar amizades maravilhosas, em especial **Luciane Naranjo, Jéssica Franco, Jean Scanfela, Laís Matsuoka, Ricardo Serapião, Ketheleen Myiaji, Rogério Minagoranci, Mirella Rodrigues** e o **Coach Marcus Freitas**. Com vocês o condicionamento foi além do físico, atingiu o nível psicológico e emocional. Obrigada por essa amizade sincera.



## *À Universidade Brasil*

Encerro meus agradecimentos, agradecendo a instituição onde dou início à uma nova jornada de vida, onde inicio a minha carreira como Professora Universitária.

Agradeço primeiramente à **Universidade Brasil**, na pessoa do diretor **Professor Amauri Piratininga Silva**, pela oportunidade. Essa é uma universidade ainda muito nova, mas que tem um potencial de crescimento gigantesco e que com certeza, em pouco tempo será notada pela sua qualidade. É com muito orgulho que visto essa camisa, e contribuirei em tudo que me for possível pela excelência dessa faculdade.

Agradeço ao amigo, colega de trabalho nas disciplinas de prótese e coordenador do curso de **Odontologia da Universidade Brasil, Professor Doutor Nagib Pezzati Boer**. Chefe, obrigada pela confiança, pelo ombro amigo, pela compreensão e por toda a ajuda proporcionada. Você acompanhou a minha jornada nessa reta final, torcendo pela conquista desse título. Seu suporte junto com os colegas foi essencial para a conclusão desse ciclo.

Agradeço em especial ao amigo no período de Pós-Graduação e **Professor Doutor André Luís da Silva Fabris**, que me indicou para essa instituição, confiando no meu conhecimento e profissionalismo.

Agradeço aos grandes amigos que tenho a honra de estar ao lado ministrando as aulas de Prótese, além do **Professor Nagib**, o **Professor Doutor Mitsuro Ogata** e o **Professor Mestre Farid Jamil Arruda**. Tenho aprendido diariamente a aprimorar o dom, possuído por vocês, de ensinar. A amizade compartilhada entre nós, dentro e fora das salas de aula é de importância imensurável. Vocês são exemplos a serem seguidos. Meu muito obrigada por esses momentos.

Agradeço também pela forte empatia e amizade que criei com a **Professora Doutora Elisa Mattias Sartori, Professor Doutor Ovídio Martin e Professor Doutor Paulo Henrique Bortoluzo**, aqueles que compartilham comigo diariamente seus conhecimentos, materiais didáticos e também a risada acompanhada da boa cerveja. E também à **Professora Mestre Taís Marques**, exemplo de educação, bom humor e alto astral. Vocês me fizeram enxergar um novo caminho em minha vida. Obrigada por essa amizade.

Obrigada também à grande amiga, **Professora Mestre Karina Camara Fernandes**, por cada palavra de apoio, preocupação e oração direcionadas a mim! Cada gesto seu me ajudou na conclusão desse ciclo! Sua bondade, seu carisma, são inspiradores e fazem eu desejar a sua amizade para além dessa vida.

Obrigada também a **Professora Doutora Luciana Simonato**, por ser um exemplo de educação. E por ter me emprestado por tantas vezes a fonte do seu computador para poder terminar os meus trabalhos! Sem você, definitivamente eu não sei o que eu faria em situações de tanta emergência.

E agradecer imensamente pelo convívio diário, compartilhando além do corpo docente da disciplina de Anatomia Dental, o convívio debaixo do mesmo teto, à grande amiga, **Professora Mestre Martha Suemi Sakashita**. São 5 meses, dos quais o último se tornou uma convivência diária! Sua presença e sua preocupação e toda atenção dedicados a mim, fazem me sentir amparada. São dois gênios muito fortes que resolveram abaixar o topete e dar início a uma linda amizade. Marthita, obrigada por todos os dias me ajudar a perceber que eu tomei as escolhas certas. Você se tornou de fundamental importância na minha vida em pouco tempo. Obrigada por aceitar essa “provação”.

Obrigada a todos os outros professores não citados aqui, mas que colaboram para o ambiente agradável que é o do nosso trabalho. Posso afirmar com toda certeza que sou muito feliz aqui, e isso acontece porque vocês colaboram diretamente para isso.

Agradeço por último, mas de forma alguma menos importante, aos meus alunos. Os elogios e a vontade que vocês apresentam diariamente me motivam a ser uma professora cada vez melhor. Obrigada pelo apoio e pelo carinho que vocês mostram por mim. Sem vocês, a docência não teria o menor sentido.



*Epígrafe*

*“Não é sobre chegar no topo do mundo e saber que venceu.*

*É sobre escalar e sentir que o caminho te fortaleceu!”*

Ana Vilela



*Resumo*

Nobrega AS. **Biocompatibilidade de pigmentos e a influência de diferentes métodos de incorporação em propriedades físicas de silicones para próteses bucomaxilofaciais** [tese]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista; 2017

## RESUMO

Uma prótese ideal deve reproduzir as estruturas perdidas nos mínimos detalhes e ser imperceptível em público. Entretanto a natureza do defeito, as habilidades do protesista e os materiais de escolha limitam a beleza da prótese e, conseqüentemente o seu uso, já que a sua principal função é a recuperação da estética. Sendo assim, cor, forma e textura, são características primordiais que irão determinar o sucesso ou falha da prótese bucomaxilofacial, bem como a sua durabilidade. O presente estudo tem como objetivo analisar a biocompatibilidade de um novo pigmento para coloração de próteses bucomaxilofaciais, bem como a influência dos métodos de incorporação de três pigmentos na estabilidade cromática, absorção e solubilidade, estabilidade dimensional e reprodução de detalhes dos silicones A2 A-2186 e Silastic MDX4-4210. Para a confecção das amostras, foram utilizados dois silicones faciais, três tipos de pigmentos, sendo dois deles específicos para caracterização de próteses bucomaxilofaciais nas cores bronze e preto, e um novo pigmento na cor rosa médio. Para se verificar a biocompatibilidade através dos testes *in vitro* de citotoxicidade com ensaios de MTT, Alamar Blue e Neutral Red com cultura de células foram confeccionadas 40 amostras, divididas em 8 grupos (n=5), de acordo com o silicone e pigmentos. Já para os testes físicos, foram confeccionadas 200 amostras para cada ensaio, divididas em 20 grupos (n=10), distribuídos de acordo com o tipo de silicone, pigmento adicionado e método de incorporação utilizado (industrial, laboratorial mecânica ou convencional). As leituras dos testes de estabilidade cromática, absorção e solubilidade, reprodução de detalhes e estabilidade dimensional foram realizadas no período inicial e ao término de cada ciclo de envelhecimento de 252, 504 e 1008 horas. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, utilizando-se os testes de ANOVA ( $p < .05$ ) e teste de Bonferroni para a biocompatibilidade e de Tukey para os ensaios físicos. Verificou-se, por meio dos resultados que o método de incorporação, pigmento, silicone e período avaliado influenciou as propriedades estudadas. Pode-se concluir que todos os materiais utilizados são biocompatíveis, o melhor método de Incorporação de pigmentos para estabilidade cromática é o industrial e o melhor pigmento o Rosa, todos os grupos apresentaram alterações cromáticas dentro do limite clínico considerado aceitável, os valores de absorção e solubilidade foram baixos para todos os grupos, a alteração dimensional resultou em contração das amostras, todos os grupos apresentaram uma ótima reprodução de detalhes (Escore 2).

**Palavras-chave:** Prótese Maxilofacial. Elastômeros de Silicone. Corantes. Cor. Citotoxicidade Imunológica.



*Abstract*



Nobrega AS. **Biocompatibility of pigments and the influence of different incorporation methods on physical properties of silicones for bucomaxillofacial prostheses** [thesis]. Araçatuba: UNESP- São Paulo State University; 2017

### ABSTRACT

An ideal prosthesis should reproduce the structures lost to the smallest details and be imperceptible in public. However, the nature of the defect, the skills of the prosthodontist and the materials of choice limit the beauty of the prosthesis and consequently its use, since its main function is the recovery of aesthetics. Thus, color, shape and texture are prime characteristics that will determine the success or failure of the bucomaxillofacial prosthesis as well as its durability. The present study aims to analyze the influence of the incorporation of three pigments on the color stability, absorption and solubility, dimensional stability and detail reproduction of the silicones A2 A-2186 and Silastic MDX4-4210, as well as the biocompatibility of a new pigment for staining of bucomaxillofacial prostheses. For the preparation of the samples, two facial silicones, three types of pigments were used, two of them specific for the characterization of bucomaxillofacial prostheses in bronze and black, and a new pigment in the medium pink color. In order to verify biocompatibility through in vitro cytotoxicity tests MTT, Alamar Blue and Neutral Red assays with cell culture, and 40 samples were prepared, divided into 8 groups (n=5), according to the silicon and pigments. For the physical tests, 200 samples were prepared for each test, divided into 20 groups (n=10), distributed according to the type of silicone, pigment added and method of incorporation used (industrial, mechanical or conventional laboratory). The chromatic stability, absorption and solubility, detail reproduction and dimensional stability readings were performed at baseline and at the end of each aging cycle of 252, 504 and 1008 hours. The data were submitted to statistical analysis, using ANOVA ( $p < .05$ ) and Bonferroni test for biocompatibility and Tukey for physical tests. It was verified, through the results that the method of incorporation, pigment, silicone and period evaluated influenced the properties studied. It can be concluded that all the materials used are biocompatible, the best method of incorporation of pigments for chromatic stability is the industrial and pink is the best pigment, all groups presented chromatic alterations within the clinical limit considered acceptable, the absorption values and solubility were low for all groups, the dimensional change resulted in contraction of the samples, all groups presented a good reproduction of details (Score 2).

**Key-words:** Maxillofacial Prosthesis. Silicone Elastomers. Coloring Agents Color. Cytotoxicity, Immunologic



*Listas e*

*Sumário*

## *Lista de Figuras*

### **Capítulo 1**

<b>Figura 2.1.</b> Fluxograma de confecção das amostras.....	53
<b>Figura 2.2.</b> Porcentual de proliferação celular para cada silicone e pigmento após os períodos de formação de extrato de 24, 48 e 72 horas segundo o ensaio de MTT .....	60
<b>Figura 2.3.</b> Porcentual de proliferação celular para cada silicone e pigmento após os períodos de formação de extrato de 24, 48 e 72 horas segundo o ensaio de Alamar Blue.....	61
<b>Figura 2.4.</b> Porcentual de proliferação celular para cada silicone e pigmento após os períodos de formação de extrato de 24, 48 e 72 horas segundo o ensaio de Neutral Red.....	62

### **Capítulo 2**

<b>Figura 3.1.</b> Fluxograma de confecção das amostras.....	80
--	----

### **Capítulo 3**

<b>Figura 4.1.</b> Fluxograma de confecção das amostras.....	105
--	-----

## *Lista de Tabelas*

<b>Capítulo 2</b>	Pág.
<b>Tabela 3.1.</b> Valores médios (desvio padrão) de alteração de cor ( $\Delta E$ ) dos silicones utilizados de acordo com o método de incorporação, pigmento e marca do silicone.....	84
<b>Tabela 3.2.</b> Valores médios (desvio padrão) de alteração de cor ( $\Delta E$ ) dos silicones utilizados de acordo com o método de incorporação e o pigmento, independente da marca do silicone.....	85
<b>Tabela 3.3.</b> Valores médios (desvio padrão) de alteração de cor ( $\Delta E$ ) dos diferentes silicones de acordo com o método de incorporação, independente do pigmento utilizado.....	86
<b>Tabela 3.4.</b> Valores médios (desvio padrão) de alteração de cor ( $\Delta E$ ) dos diferentes silicones utilizados de acordo com o pigmento, independentemente do método de incorporação.....	86
<b>Tabela 3.5.</b> Valores médios (desvio padrão) de alteração de cor ( $\Delta E$ ) dos silicones que receberam incorporação industrial dos pigmentos, de acordo com o pigmento, marca do silicone e diferentes períodos de análise.....	87
<b>Capítulo 3</b>	
<b>Tabela 4.1.</b> Valores médios (desvio padrão) de absorção (%) dos silicones utilizados de acordo com o método de incorporação, pigmento e marca do silicone.....	111
<b>Tabela 4.2.</b> Valores médios (desvio padrão) de absorção (%) dos silicones utilizados de acordo com o método de incorporação e o pigmento, independente da marca do silicone.....	112
<b>Tabela 4.3.</b> Valores médios (desvio padrão) de absorção (%) dos diferentes silicones utilizados de acordo com o método de incorporação, independente do pigmento.....	113
<b>Tabela 4.4.</b> Valores médios (desvio padrão) de absorção (%) dos diferentes silicones utilizados de acordo com o pigmento, independentemente do método de incorporação.....	114
<b>Tabela 4.5.</b> Valores médios (desvio padrão) de absorção (%) dos silicones que receberam	

incorporação industrial dos pigmentos, de acordo com o pigmento, marca do silicone e diferentes períodos de análise.....	115
<b>Tabela 4.6.</b> Valores médios (desvio padrão) de solubilidade (%) dos silicones utilizados de acordo com o método de incorporação, pigmento e marca do silicone.....	116
<b>Tabela 4.7.</b> Valores médios (desvio padrão) de solubilidade (%) dos diferentes silicones utilizados de acordo com o método de incorporação, independente do pigmento.....	117
<b>Tabela 4.8.</b> Valores médios (desvio padrão) de solubilidade (%) dos silicones que receberam incorporação industrial dos pigmentos, de acordo com o pigmento, marca do silicone e diferentes períodos de análise.....	118
<b>Tabela 4.9.</b> Valores percentuais médios (desvio padrão) de solubilidade dos diferentes silicones utilizados que receberam incorporação industrial dos pigmentos, independente do período e do pigmento.....	118
<b>Tabela 4.10.</b> Valores médios (desvio padrão) de estabilidade dimensional (%) dos diferentes silicones utilizados de acordo com o pigmento, método de incorporação e período de análise.....	119
<b>Tabela 4.11.</b> Valores médios (desvio padrão) de estabilidade dimensional (%) dos silicones utilizados de acordo com o pigmento, método de incorporação e período de análise, independente da marca do silicone.....	120
<b>Tabela 4.12.</b> Valores médios (desvio padrão) de estabilidade dimensional (%) dos silicones que receberam incorporação industrial dos pigmentos, de acordo com o pigmento, marca do silicone e diferentes períodos de análise.....	121
<b>Tabela 4.13.</b> Valores percentuais médios (desvio padrão) de estabilidade dimensional (%) dos diferentes silicones utilizados que receberam incorporação industrial dos pigmentos, independente da marca do silicone.....	122

## Lista de Abreviaturas e Siglas

pág. = Página

% = Porcento

*et al.* = E colaboradores

Ltda. = Limitada

nº = Número

mm = Milímetro

min = Minuto

°C = Graus Celsius

SP = São Paulo

UV = ultravioleta

DP = Desvio Padrão

kgf = Quilograma força

## Sumário

	Pág.
1. Introdução Geral.....	39
2. Capítulo 1 <b>Análise <i>in vitro</i> da proliferação de células HaCaT estimuladas por extratos de pigmentos para silicones de próteses bucomaxilofaciais.</b> .....	45
2.1 Resumo.....	46
2.2 Abstract.....	48
2.3 Introdução.....	50
2.4 Materiais e Métodos.....	52
2.5 Resultados.....	60
2.6 Discussão.....	63
2.7 Conclusão.....	66
2.8 Referências.....	67
3. Capítulo 2 <b>Influência de diferentes métodos de incorporação de pigmentos na estabilidade cromática de silicones para próteses bucomaxilofaciais</b> .....	71
3.1 Resumo.....	72
3.2 Abstract.....	74
3.3 Introdução.....	76
3.4 Materiais e Métodos.....	79
3.5 Resultados.....	84
3.6 Discussão.....	88
3.7 Conclusão.....	91
3.8 Referências.....	92

4	Capítulo 3 <b>Influência de diferentes métodos de incorporação de pigmentos em propriedades físicas de silicones para próteses bucomaxilofaciais</b> .....	97
4.1	Resumo.....	98
4.2	Abstract.....	100
4.3	Introdução.....	102
4.4	Materiais e Métodos.....	104
4.5	Resultados.....	111
4.6	Discussão.....	124
4.7	Conclusão.....	127
4.8	Referências.....	128
	<b>ANEXOS</b> .....	133





*1. Introdução*

*Geral*

## **1. INTRODUÇÃO GERAL**

A emoção resultante da percepção do belo é um fator importante na vida de um indivíduo, visto que interfere diretamente nas suas relações sociais e interpessoais. Desta forma, mutilações, principalmente faciais, causadas por alterações genéticas, traumas e/ou ressecções cirúrgicas podem causar graves alterações psicológicas. Assim a reabilitação desses pacientes é imprescindível.

Em circunstâncias propícias, a cirurgia plástica, realizada em tecido vivo, é a mais indicada. Entretanto, apesar dos avanços das técnicas cirúrgicas, essa modalidade terapêutica frequentemente apresenta limitações, desde a impossibilidade de sua realização até possíveis deformidades.

Frequentemente nesses casos, as próteses bucomaxilofaciais são utilizadas escondendo defeitos, de forma a proporcionar uma aparência mais agradável e, algumas vezes inclusive, melhora da função. O que permite ao paciente mutilado retomar sua rotina social, resultando em melhora da autoestima e, conseqüentemente, da qualidade de vida.

Uma prótese ideal deve reproduzir as estruturas perdidas nos mínimos detalhes e ser imperceptível em público. Entretanto a natureza do defeito, as habilidades do protesista e os materiais de escolha limitam a beleza da prótese e, conseqüentemente o seu uso, já que a sua principal função é a recuperação da estética. Sendo assim, cor, forma e textura, são características primordiais que irão determinar o sucesso ou falha da prótese bucomaxilofacial, bem como a sua durabilidade.

Desde a década de 60 os elastômeros de silicone têm sido utilizados para confecção de próteses bucomaxilofaciais, visto que é um material com textura semelhante à da pele humana, biocompatível, que apresenta boa resistência e durabilidade, além de fácil manipulação.

Desta forma, um dos maiores problemas enfrentados pelos protesistas é a descoloração sofrida pela prótese, às vezes em menos de um ano de uso, seja essa pigmentação realizada de forma intrínseca ou extrínseca. A literatura atribui essa alteração de cor à exposição aos raios ultravioletas e à manipulação diária da prótese pelo paciente, ao utilizar cosméticos e solventes para limpeza, além de atos insensatos, tais como o uso de tabaco.

Já é consagrado o uso da câmara de envelhecimento acelerado para avaliar a degradação de materiais poliméricos. Apesar de esse ensaio realizar condições extremas de umidade e de exposição aos raios UVB, ele é considerado um método viável, capaz de simular as mesmas condições e deteriorações do envelhecimento natural.

Contudo, deve-se levar em consideração que a estabilidade cromática do pigmento, bem como, a dificuldade de pigmentação do material de escolha para confecção da prótese, podem ser os responsáveis por essa descoloração. O desbotamento de um pigmento ou corante não é uma supressão ou desaparecimento da substância, trata-se na realidade de uma alteração química, que pode ser influenciada por diversos fatores, desde a sua composição até a maneira que esse pigmento é incorporado.

A pureza química de um pigmento é variável. Alguns compostos simples são praticamente puros, enquanto outros pigmentos, apesar de apresentarem alto grau de pureza, contêm outros elementos adicionados durante a fabricação, como para a alteração da cor.

Os pigmentos podem ser classificados quanto à sua origem, sendo esta de acordo com o seu componente principal. Pigmentos orgânicos são aqueles de origem animal, vegetal ou sintética. Já os pigmentos inorgânicos não são formados por carbono e hidrogênio, eles contêm átomos de metal, são, portanto, de origem mineral. Existem relatos que os pigmentos orgânicos apresentam menor solidez à luz e, conseqüentemente, são mais susceptíveis a deterioração, apresentando assim, uma vida útil mais limitada.

Solidez à luz é uma propriedade física que determina a capacidade de um material resistir à alteração de cor quando exposto a luz, podendo variar de I a V a sua classificação, sendo I a menor alteração cromática e V a maior.

Assim, poderia ser determinado como solução para a descoloração de próteses bucomaxilofaciais a utilização de pigmentos com alta solidez. Entretanto há relatos na literatura, inclusive com a utilização de anti-UVs, antioxidantes e opacificadores, em que o material alterou a sua cor em curto prazo. Surge um questionamento então, se a maneira que esse pigmento é incorporado não poderia estar diretamente relacionada à dispersão e homogeneização do mesmo no material, afetando então as suas propriedades no que se relaciona principalmente à estabilidade cromática.

É ainda importante ressaltar a dificuldade de se realizar uma prótese com a coloração exata da pele e que, apesar de existirem tentativas de confecção de escalas de cor, nenhuma ainda se consagrou, seja na literatura ou na rotina clínica.

Não há ainda na literatura um consenso sobre qual seria o melhor método de incorporação de pigmentos, intrínseco ou extrínseco, e se eles interferem na estabilidade cromática de silicones faciais. Por isso a execução desse trabalho se justificou pela necessidade de avaliar três diferentes métodos de incorporação de pigmentos e a sua influência ao longo do tempo.

No método de incorporação laboratorial convencional, o pigmento foi misturado ao silicone sobre uma placa de vidro com o auxílio de uma espátula de aço inoxidável, até a obtenção de uma massa homogênea. Já para a incorporação laboratorial mecânica, o silicone foi misturado ao pigmento manualmente durante 15 segundos, seguida pela espatulação a vácuo (20 psi) por 30 segundos com 425 RPM, em espatuladora mecânica. A incorporação industrial do pigmento ao silicone foi realizada na indústria Orbital Colors®, o pigmento foi adicionado à base do silicone por meio de uma máquina de moagem, que consistiu de três etapas.

Inicialmente o pigmento foi adicionado ao silicone por meio de um dispersor em hélice, em seguida passou por um moinho tricilindro e posteriormente por um teste de controle de qualidade, segundo norma DIN. O catalisador foi adicionado à base pigmentada a nível laboratorial, conforme especificações do fabricante.

O trabalho analisou, além de pigmentos já existentes no mercado específicos para próteses bucomaxilofaciais, um novo pigmento sugerido pelos autores deste trabalho. Por se tratar de um pigmento nunca antes utilizado para esse fim, foi necessário avaliar a sua biocompatibilidade com os tecidos humanos, comparando-a com a dos demais pigmentos já existentes.

Esse pigmento será utilizado futuramente para formar uma escala de cor a ser patenteada para uso clínico. Sendo o principal diferencial dessa escala, o próprio pigmento, visto que a sua composição se dá a partir de pastas em cores primárias (amarelo, vermelho) associadas a cores de matização (branco) e sombreamento (preto), tornando possível abranger todo o espectro de coloração da pele humana. Assim, com o auxílio de um colorímetro portátil, o clínico facilmente conseguirá saber a proporção de cores para poder mimetizar a pele do seu paciente.

Além disso, é importante que a utilização de pigmentos não interfira negativamente na capacidade do material de absorver e solubilizar substâncias, nem na estabilidade dimensional e na reprodução de detalhes do mesmo, visto que poderia resultar em uma desadaptação da prótese, portanto essas propriedades também devem ser avaliadas.

Como já explicitado anteriormente, materiais poliméricos sofrem degradação ao longo do tempo, o que pode resultar em alteração das suas propriedades. Dessa forma se faz necessário a análise da influência desses pigmentos não só no momento da confecção das próteses, mas também ao longo do tempo, para verificar o seu comportamento durante o uso clínico pelo paciente.

O presente estudo tem como objetivo analisar a influência dos métodos de incorporação de três pigmentos na estabilidade cromática, absorção e solubilidade, estabilidade dimensional e reprodução de detalhes dos silicones A2 A-2186 e Silastic MDX4-4210, bem como a biocompatibilidade de um novo pigmento para coloração de próteses bucomaxilofaciais.



## *2. Capítulo 1*

## **Análise *in vitro* da proliferação de células HaCaT estimuladas por extratos de pigmentos para silicones de próteses bucomaxilofaciais.**

### **2.1 Resumo**

Apesar de propriedades físicas e mecânicas serem de extrema importância para a eficácia do tratamento protético, os materiais utilizados para a reabilitação facial devem ser biocompatíveis, visto que a prótese bucomaxilofacial fica em íntimo contato com a pele do paciente. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de períodos de formação de extratos obtidos a partir de diferentes pigmentos utilizados para a confecção de próteses bucomaxilofaciais. Para a confecção das amostras, foram selecionados os silicones faciais A2 A-2186 e Silastic MDX4-4210, e três tipos de pigmentos, sendo dois deles específicos para caracterização de próteses bucomaxilofaciais já existentes no mercado nas cores bronze e preto, e um novo pigmento na cor rosa médio. Foram confeccionados 5 corpos de prova para cada um dos 8 grupos, distribuídos de acordo com o tipo de silicone e pigmento adicionado, para formação de extratos por 24, 48 e 72 horas de imersão em meio de cultura. Os ensaios *in vitro* de MTT, Alamar Blue e Neutral Red foram realizados para análise da citotoxicidade sobre queratinócitos humanos da linhagem HaCaT. Os dados obtidos nos ensaios foram submetidos à ANOVA, seguido pelo teste Bonferroni, com nível de significância de 5%. Os ensaios de MTT e Alamar Blue indicaram maior citotoxicidade para o período de formação de extrato de 24 horas. O Neutral Red por sua vez apresentou aumento da viabilidade celular, não exibindo toxicidade para nenhum dos silicones ou pigmentos. Para todos os períodos de formação dos extratos analisados não houve citotoxicidade dos silicones e pigmentos utilizados, visto que os valores permaneceram acima de 75% em todos os ensaios realizados. Apesar das limitações de



um estudo *in vitro*, pode-se concluir que todos os materiais utilizados nesse estudo para a confecção de próteses bucomaxilofaciais são biocompatíveis.

**Palavras-chave:** Teste de Materiais. Citotoxicidade imunológica. Queratinócitos.

Prótese Maxilofacial. Corantes.

***In vitro* analysis of Hacat cell proliferation stimulated by pigments for silicones used in maxillofacial prosthesis.**

## **2.2 Abstract**

Although physical and mechanical properties are extremely important for the effectiveness of prosthetic treatment, the materials used for facial rehabilitation must be biocompatible, since the maxillofacial prosthesis is in close contact with the patient's skin. The objective of this study was to evaluate the influence of periods of eluates formation obtained from different pigments used for the manufacturing of maxillofacial prostheses. For the specimens manufacturing, the facial silicones A2 A-2186 and Silastic MDX4-4210, and three types of pigments were selected, two of them specific for the characterization of maxillofacial prostheses, in bronze and black color, already placed on the market, and a new pigment in pink medium color. Five specimens were prepared for each of the 8 groups, distributed according to the type of silicon and pigment added, to form extracts for 24, 48 and 72 hours of immersion in culture medium. *In vitro* assays of MTT, Alamar Blue and Neutral Red were performed for cytotoxicity analysis on human keratinocytes of the HaCaT line. The data obtained in the tests were submitted to ANOVA, followed by the Bonferroni test, with a significance level of 5%. The MTT and Alamar Blue assays indicated higher cytotoxicity for the 24 hour eluate formation period. The Neutral Red showed increased in cell viability, exhibiting no toxicity for any of the silicones or pigments. For all the periods of formation of the analyzed eluates, there was no cytotoxicity of the silicones and pigments used, since the values remained above 75% in all performed assays. Despite the limitations of an *in vitro* study, it can be concluded that all materials used in this study for making maxillofacial prostheses are biocompatible.

**Key-Words:** Materials Testing. Cytotoxicity, Immunologic. Keratinocytes.  
Maxillofacial Prosthesis. Coloring Agents.

## 2.3 Introdução

A emoção resultante da percepção do belo é um fator importante na vida de um indivíduo, visto que interfere diretamente nas suas relações sociais e interpessoais<sup>1</sup>. Desta forma, mutilações, principalmente faciais, causadas por alterações genéticas, traumas e/ou ressecções cirúrgicas<sup>2; 3; 4; 5; 6</sup> podem causar graves alterações psicológicas<sup>7</sup>, assim a reabilitação desses pacientes é imprescindível<sup>1</sup>.

Frequentemente<sup>4</sup>, as próteses bucomaxilofaciais são utilizadas escondendo defeitos, de forma a proporcionar uma aparência mais agradável e, algumas vezes inclusive, melhora da função<sup>3; 8</sup>, o que permite ao paciente mutilado retomar sua rotina social, resultando em melhora da autoestima e, conseqüentemente, da qualidade de vida<sup>4; 5; 6</sup>.

Apesar de propriedades físicas e mecânicas serem de extrema importância para a eficácia do tratamento protético<sup>9</sup>, é ainda mais importante que os materiais utilizados para a reabilitação facial sejam biocompatíveis<sup>10; 11</sup> visto que a prótese bucomaxilofacial fica em íntimo contato com a pele do paciente, não devendo gerar nenhum tipo de resposta inflamatória local ou sistêmica, nem ser carcinogênico<sup>12</sup>.

Os testes de biocompatibilidade podem ser realizados *in vivo* ou *in vitro*. Testes *in vivo* de citotoxicidade sempre foram alvo de críticas crescentes por questões científicas, econômicas e éticas para a sua realização<sup>13</sup>. Os testes *in vitro* por sua vez, são capazes de demonstrar com segurança, de forma rápida, com baixo custo e com uma padronização bem definida a resposta celular frente ao material estudado ou extrato do mesmo<sup>12; 14</sup>.

A literatura aponta diferentes testes *in vitro* para se determinar a citotoxicidade, tais como o teste MTT (sal metil tetrazolium)<sup>11; 14</sup> e o teste Alamar Blue®<sup>15</sup>, os quais refletem o metabolismo celular por meio da atividade mitocondrial, e também o teste de Neutral Red<sup>13; 16</sup>, que determina a viabilidade celular por meio da atividade lisossômica.

Com eles, pode-se observar, através do método de cultura de células, a proliferação ou a inibição do crescimento celular decorrente do contato com substâncias citotóxicas.

De tal modo, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência de períodos de formação de extratos obtidos a partir de diferentes pigmentos utilizados para a confecção de próteses bucomaxilofaciais. Esta avaliação ocorreu através dos ensaios *in vitro* de MTT, Alamar Blue e Neutral Red para análise da citotoxicidade sobre queratinócitos humanos da linhagem HaCaT.

A hipótese nula deste estudo é que diferentes períodos de formação dos extratos de pigmentos sobre culturas de células de queratinócitos humanos não produzem efeitos de citotoxicidade.

## 2.4 Materiais e Métodos

### 2.4.1 Materiais

Os materiais utilizados para a confecção das amostras estão listados abaixo (Quadro 2.1):

**Quadro 2.1** – Materiais utilizados para a confecção das amostras

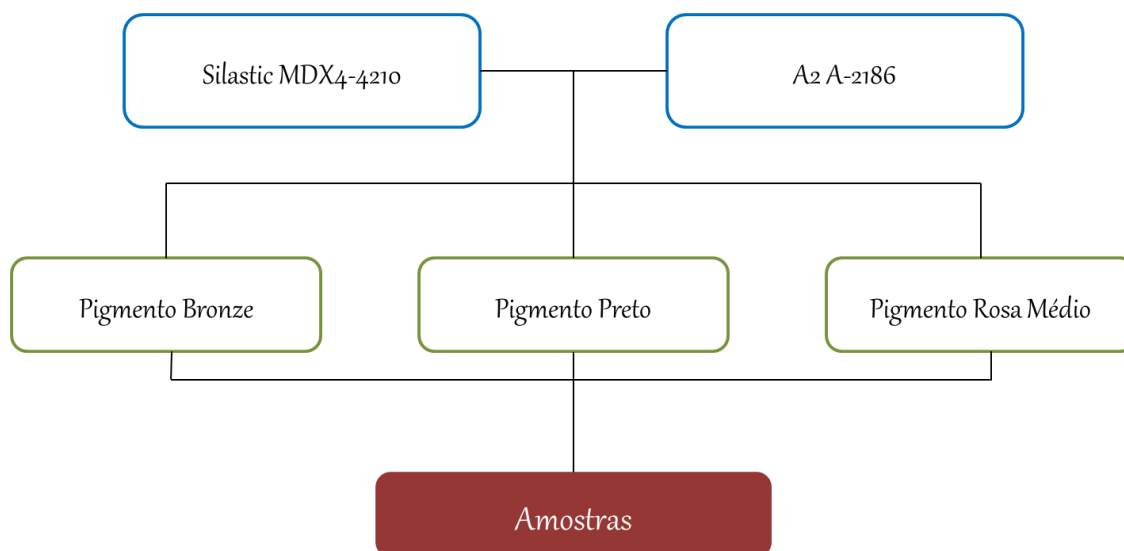
MARCA COMERCIAL	FABRICANTE
Silicone Silastic MDX4-4210	Dow Corning Corporation Medical Products, Midland, MI, EUA
Silicone A2 A-2186	Factor II, Lakeside, AZ, EUA
Pigmento FI- Functional Intrinsic II – Silicone Coloring System Bronze (Tan FI – 215)	Factor II, Lakeside, AZ, EUA
Pigmento FI- Functional Intrinsic II – Silicone Coloring System Preto (Black FI – 205)	Factor II, Lakeside, AZ, EUA
Pigmento Rosa Médio Orbital	Orbital Colors, Birigui, SP

### 2.4.2 Métodos

#### *Confecção das amostras*

Para a confecção das amostras, foram selecionados os silicones faciais A2 A-2186 e Silastic MDX4-4210, três tipos de pigmentos, sendo dois deles específicos para caracterização de próteses bucomaxilofaciais já existentes no mercado nas cores bronze e preto, e um novo pigmento na cor rosa médio, idealizado pelos autores do presente

estudo, obtido a partir de cores primárias - vermelho e amarelo- misturadas às cores de matização e sombreamento, branco e preto, respectivamente (Quadro 2.1) (Figura 2.1).



**Figura 2.1.** Fluxograma de confecção das amostras

Foram confeccionadas 5 amostras para cada grupo, distribuídos de acordo com o tipo de silicone, pigmento adicionado, sendo a divisão: **Grupo 1:** Silicone A2 A-2186 (SA), **Grupo 2:** SA + Pigmento Bronze (B) + Incorporação Laboratorial Convencional (C), **Grupo 3:** SA + Pigmento Preto (P) + C, **Grupo 4:** SA+ Pigmento Rosa Médio (R)+ C, **Grupo 5:** Silicone Silastic MDX4-4210 (SS), **Grupo 6:** SS + B + C, **Grupo 7:** SS + P + C, **Grupo 8:** SS+ R+ C.

Para confecção das amostras, os silicões e os pigmentos foram pesados em balança analítica digital (Adventurer, Ohaus Corporation, NJ, EUA) sendo que os pigmentos bronze e preto foram adicionados a 0,2% do peso do silicone<sup>9</sup> e para a coloração rosa médio foram adicionadas de acordo com a especificação do fabricante (Branco: 0,600%; Amarelo: 0,122%; Vermelho: 0,030%; Preto: 0,006%).

Os pigmentos foram adicionados à base dos silicões através de manipulação industrial, na indústria Orbital Colors® (Orbital Ind. E Com. Ltda., Birigui, SP, Brasil),

por meio de uma máquina de moagem, que consistiu de três etapas. Inicialmente o pigmento foi adicionado ao silicone por meio de um dispersor em hélice, em seguida passou por um moinho tricilindro e posteriormente por um teste de controle de qualidade padrões técnicos para a garantia da qualidade de produtos industriais e científicos na Alemanha, segundo norma DIN- Deutsches Institut für Normung. O catalisador foi adicionado à base pigmentada a nível laboratorial, conforme especificações do fabricante e, então, vertidos em matrizes de aço inoxidável.

As matrizes foram então levadas à polimerizadora com pressão de 20 libras durante 20 minutos. Após este período, o silicone, contido na matriz, foi mantido com a superfície exposta ao meio ambiente por 72 horas até completa polimerização do material com a liberação do subproduto (formaldeído), conforme recomendação do fabricante. Após esse período cada amostra foi separada cuidadosamente da matriz metálica para evitar distorções.

#### *Análise de Viabilidade Celular*

A fim de utilizar uma concentração de soro fetal bovino que não superestimulasse o crescimento das células ou pudesse, de certa forma, interferir no seu crescimento padrão durante os períodos de desenvolvimento do projeto, foi realizado um estudo piloto para determinar a concentração de Soro Fetal Bovino (SFB) que seria utilizada na formação dos extratos. Foram avaliadas as concentrações de 5 e 10% e a partir dos resultados obtidos, optou-se pela utilização de meio com SFB na concentração de 10% para formação dos extratos.

As amostras foram confeccionadas dentro de condições assépticas para evitar a contaminação do meio de cultura. Assim, um único operador, atuando sobre uma



superfície de papel estéril, confeccionou as amostras utilizando instrumental esterilizado, roupas de proteção, luvas, óculos, gorro e máscara descartável.

Para confecção das amostras foi utilizada uma matriz metálica em alumínio para cada um dos grupos, contendo em seu interior 6 compartimentos circulares com 10 mm de diâmetro e 1 mm de espessura<sup>17</sup>

#### *Obtenção dos Extratos*

Para a análise do efeito citotóxico das substâncias liberadas pelas amostras, foram obtidos extratos das substâncias hidrossolúveis presentes nelas<sup>18; 19; 20</sup>.

Foram colocadas 5 amostras de cada grupo em tubos Falcón contendo 9 ml de meio de cultura DMEM (Dulbecco's modified Eagle's) suplementado com 10% de soro fetal bovino e antibióticos, e incubados em estufa à 37° C por 24, 48 e 72 horas. Durante esse período de incubação, as substâncias foram difundidas para o meio de cultura, formando, assim, os extratos utilizados no teste de citotoxicidade. Adicionalmente foi realizada a análise de meios de cultura como controle.

Depois de solubilizados, os extratos foram filtrados com filtros Millex (Millipore) de 0,22 µm para esterilização, tendo em vista a grande facilidade de contaminação do meio devido a sua riqueza em nutrientes.

#### *Cultura e Manutenção das Células*

O possível efeito citotóxico das substâncias liberadas pelos materiais testados foi avaliado pelo método de cultura de células. Dessa forma, queratinócitos (HaCaT) foram expandidos em meio de cultura DMEM suplementado com 10% de soro fetal bovino. O cultivo das células foi realizado em garrafas para culturas de células com tampa, contendo

um filtro que permite a passagem de CO<sub>2</sub>. Essas garrafas foram incubadas com 5% de CO<sub>2</sub>, à temperatura de 37° C, em ambiente com umidade controlada.

Para a manutenção da cultura, as células foram repicadas para novas garrafas até atingirem confluência para a realização dos ensaios. Com a finalidade de desgrudar e desagregar as células das garrafas e obter uma suspensão foi utilizada tripsina à 0,025% incubada por 2-5 minutos a 37 °C<sup>10</sup>. Dessa suspensão de células, cada 1 ml foi colocado em nova garrafa sendo acrescidos 9 ml de meio de cultura suplementado. Cada garrafa foi, então, tampada e levada à estufa para a formação de nova confluência de células.

Todos os procedimentos foram realizados em área asséptica dentro da capela de fluxo laminar previamente desinfetada com álcool 70° e luz ultravioleta. Além disso, os materiais utilizados, com exceção das células, foram esterilizados previamente em luz ultravioleta durante 30 minutos dentro da capela de fluxo laminar<sup>18;21</sup>.

#### *Quantificação das Células e Teste de Citotoxicidade*

Para a realização dos testes de citotoxicidade, suspensões celulares de  $1,0 \times 10^5$  células/ml de HaCaT foram preparadas. Para isso, as células foram descoladas do fundo das garrafas. Em seguida, essa suspensão foi colocada em um tubo de 15 ml e levada para centrifugação por 5 minutos a 1500 RPM, com o objetivo de precipitar as células no fundo do tubo.

Posteriormente, dentro do fluxo laminar, o sobrenadante foi desprezado e 1 ml de meio de cultura DMEM, suplementado com 10% de soro fetal bovino, foi acrescentado e as células misturadas a ele. A partir daí, 10 µL foram removidos e, então, as células viáveis foram contadas por meio de uma câmara automatizada para contagem de células.

Em seguida, as suspensões celulares foram ajustadas às concentrações desejadas de células/ml para a linhagem HaCaT<sup>10; 18; 21; 22</sup> sendo 1 ml pipetado em cada poço de uma placa de 24 poços.

Após 24 horas, o meio de cultura foi descartado e 500 µL contendo os diferentes extratos, foram adicionados em cada poço. No poço de controle positivo, 1 ml de DMEM foi adicionado com 10% de soro fetal bovino e, no controle negativo, foi adicionado 3µl de Tween diluído em 1 ml de DMEM com 10% de soro fetal bovino. Ambos foram submetidos às mesmas condições de incubação e temperatura utilizadas para a obtenção dos extratos.

### *Ensaio*

#### MTT

Após o período de 24 horas de tratamento, os meios de cultura com os extratos foram removidos e substituídos por 0,5 ml de meio DMEM sem a adição de soro fetal bovino contendo 0,5 mg/ml de MTT (3-[4,5-dimetilazol-2-il]-2,5-difenil-tetrazolio), e incubados por 2 horas com 5% de CO<sub>2</sub> à temperatura de 37° C.

Após a incubação, os poços foram checados quanto à presença de cristais de formazan com microscópio óptico. O meio de cultura foi aspirado e 500 µL de álcool isopropílico foram adicionados a cada poço. Subsequentemente, foi feita a leitura das absorbâncias em comprimento de onda de 570 nm por meio do espectrofotômetro UV-Visível. As taxas de sobrevivência dos controles representam 100% de proliferação. Este ensaio foi realizado em triplicata.

#### ALAMAR BLUE

O ensaio de Alamar Blue, assim como o de MTT, é um ensaio de citotoxicidade que mede o metabolismo celular pela atividade mitocondrial, nesse caso através da redução da Resazurina a Resofurina na presença de NADH.

O Alamar Blue® é um teste simples e rápido, em que 10% da solução comercialmente disponível são adicionados ao meio celular e medidos por colorimetria ou fluorimetria. No entanto, maior sensibilidade é conseguida utilizando a propriedade fluorescente. O ensaio apresenta um indicador de crescimento fluorimétrico com base na detecção da atividade metabólica. Especificamente, o sistema incorpora um indicador de oxidação-redução (REDOX), que gera produto fluorescente e muda de cor em resposta à redução química. Além disso, o Alamar Blue® não é tóxico para as células e não interfere na viabilidade celular, como ocorre com o Azul de Trypan e não se faz necessário descartar as células para obter medições subsequentes, como ocorre com o teste MTT.

Após as 24 horas de incubação das células em contato com os extratos, para cada poço da placa foram adicionados 20 µL de Alamar Blue® diluídos em 100 µL de meio de cultura (10% do volume total de meio – 200 µL). A placa foi, então, incubada na estufa contendo CO<sub>2</sub> a 5% e à temperatura de 37°C por mais 4 horas. Após esse período, o conteúdo de cada orifício da placa foi transferido para uma placa com 96 poços e a fluorescência das amostras foi medida duas vezes utilizando-se um espectrofotômetro com comprimento de onda de 570 nm e de 600 nm. Os valores foram calculados em uma fórmula para obtenção dos resultados. Este ensaio também foi realizado em triplicata.

### NEUTRAL RED

O teste com Neutral Red (NR) se baseia no fato de que apenas as células vivas são capazes de captar o corante NR e acumulá-lo em seus lisossomos, podendo, assim, determinar a quantidade de células vivas em uma cultura. O ensaio com Neutral Red foi

adicionado ao projeto a fim de complementar os resultados encontrados pelo MTT e Alamar Blue. Para isso, após cada período de 24, 48 e 72 horas de tratamento, 500 µL do corante NR, na proporção de 1:80, sendo 1 de corante para 80 de meio de cultura sem soro fetal bovino, foi adicionado aos poços após aspirar o extrato. As placas foram incubadas por 2 horas a 37° C. A solução foi então removida dos poços e cada poço lavado duas vezes com 0,5 ml de solução de 1% de ácido fórmico (1%; 12 ml de H<sub>2</sub>O + 0,12 ml de ácido fórmico). Após lavagem, 1 ml de solução de extração a base de ácido acético (1%; 12 ml de H<sub>2</sub>O + 0,12 ml de ácido acético) foi adicionado a cada poço. Após extrair o corante das células, a viabilidade celular foi avaliada por densidade óptica da solução resultante a 550 nm utilizando espectrofotômetro.

#### *Análise dos dados*

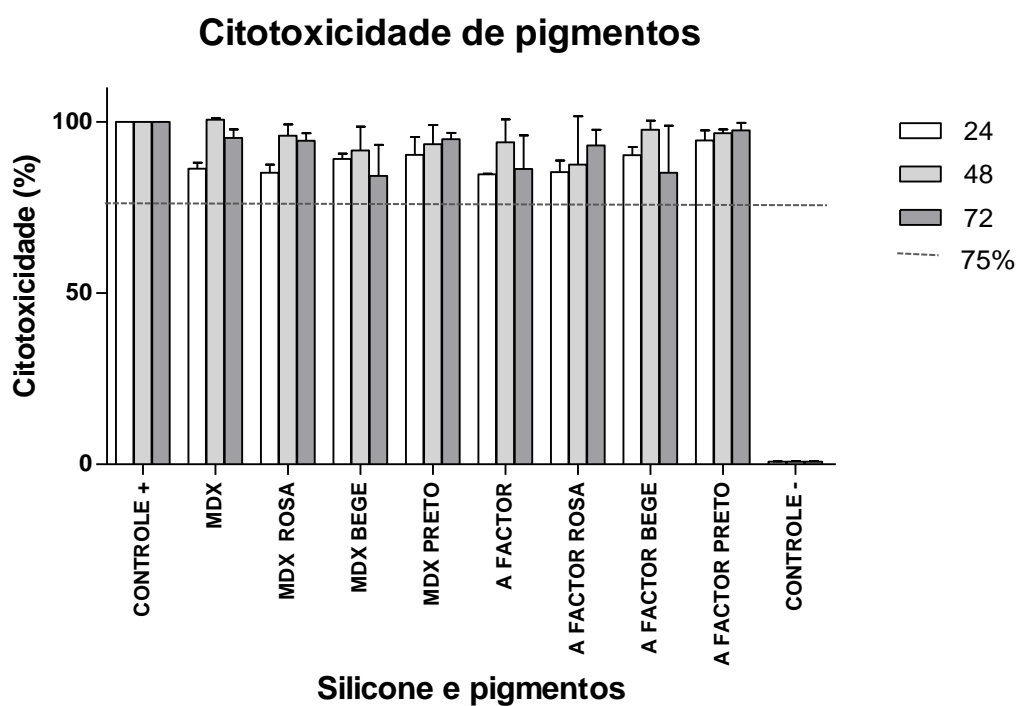
Os resultados de biocompatibilidade foram avaliados utilizando-se o programa GraphPad Prism 5.0, no qual foi aplicado Análise de Variância (ANOVA) dois fatores, seguido do Teste de Bonferroni com nível de significância a 5%.

## 2.5 Resultados

Pode-se verificar, por meio dos resultados, que os pigmentos influenciaram os valores de viabilidade celular (Figuras 2.2 a 2.4).

### MTT

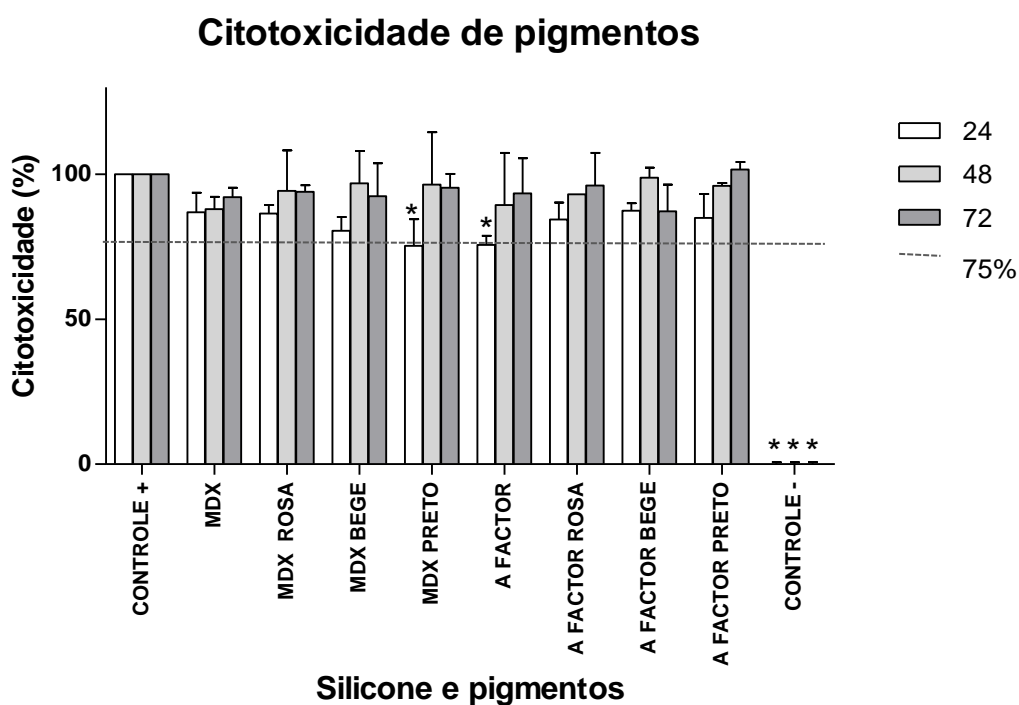
A figura 2.2 mostra a viabilidade celular medida pelo ensaio de MTT. Verifica-se que para o período de formação de extrato de 24 horas, este apresentou, de forma geral, maior citotoxicidade quando comparado com demais períodos para todos os pigmentos, independentemente da marca de silicone utilizado. Entretanto não foi encontrada diferença estatisticamente significativa para nenhum dos grupos.



**Figura 2.2.** Porcentual de citotoxicidade para cada silicone e pigmento após os períodos de formação de extrato de 24, 48 e 72 horas segundo o ensaio de MTT.

ALAMAR BLUE

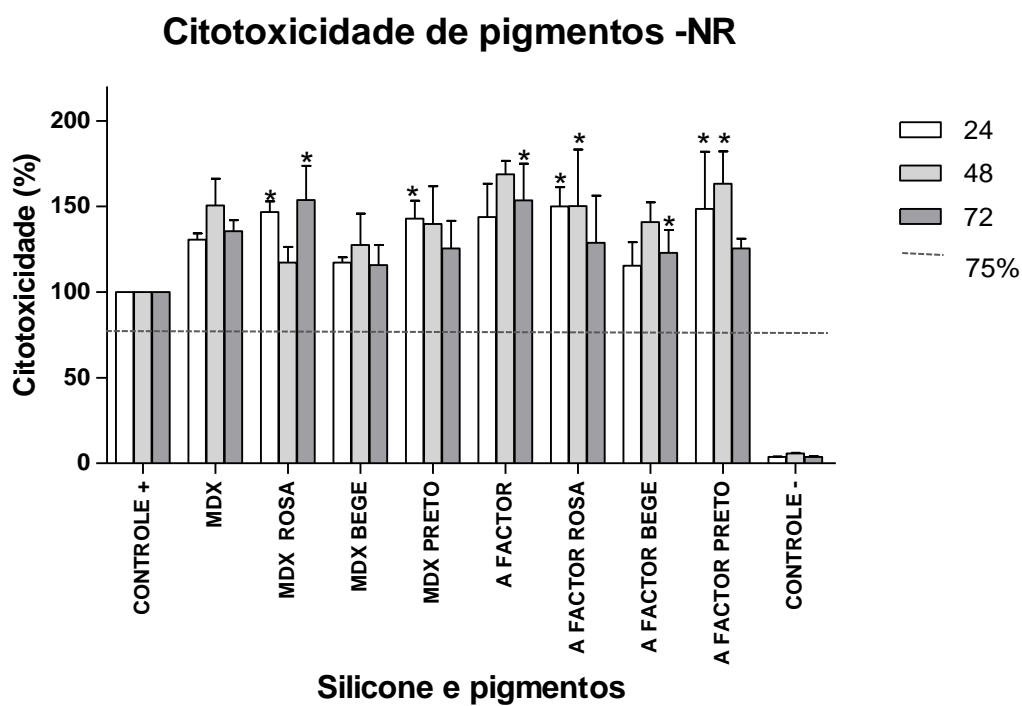
Na figura 2.3 observa-se a viabilidade celular medida pelo ensaio de Alamar Blue. Verifica-se que a maior citotoxicidade foi encontrada também para o período de formação de extrato de 24 horas, quando comparado com os demais períodos para todos os pigmentos, independentemente da marca de silicone utilizado, com diferença estatisticamente significativa para o pigmento preto com o silicone MDX-4210e para o silicone Factor A2 A-2186.



**Figura 2.3.** Porcentual de citotoxicidade para cada silicone e pigmento após os períodos de formação de extrato de 24, 48 e 72 horas segundo o ensaio de Alamar Blue.

NEUTRAL RED

A figura 2.4 exibe a viabilidade celular medida pelo ensaio de Neutral Red. Ao contrário dos demais ensaios, este apresentou um aumento da viabilidade celular, não exibindo toxicidade para nenhum dos silicones ou pigmentos.



**Figura 2.4.** Porcentual de citotoxicidade para cada silicone e pigmento após os períodos de formação de extrato de 24, 48 e 72 horas segundo o ensaio de Neutral Red.



## 2.6 Discussão

A hipótese nula desse estudo foi rejeitada uma vez que os pigmentos avaliados influenciaram a viabilidade celular.

Este estudo analisou dois pigmentos, nas cores bronze e preto, já existentes no mercado para a pigmentação de próteses bucomaxilofaciais e, também, um novo pigmento proposto pelos autores, com alta solidez à luz, na tentativa de melhorar a estabilidade cromática exigida para o sucesso do tratamento reabilitador dessas próteses<sup>1</sup>; <sup>3</sup>. Assim, além de enriquecer a literatura através de um trabalho nunca antes realizado com pigmentos para esse fim, esse estudo se faz necessário para verificar se a utilização desse novo pigmento é compatível com a linhagem de células humanas HaCaT.

De acordo com a ISO-standard 10993-5<sup>23</sup>, os métodos *in vitro* para a análise da citotoxicidade podem ser classificados como não citotóxicos, quando a viabilidade celular é maior que 75%, discreta citotoxicidade, quando a viabilidade está entre 50 e 75%, moderada citotoxicidade, para viabilidade entre 25 e 50% e alta citotoxicidade, menor que 25%. Portanto, para todos os períodos de formação dos extratos analisados não houve citotoxicidade dos silicones e pigmentos utilizados, visto que os valores permaneceram acima de 75% em todos os ensaios realizados. Inclusive no ensaio de Alamar Blue, que apresentou diferenças estatisticamente significantes.

Os resultados do presente estudo corroboram a literatura, em que os ensaios de MTT (Figura 2.2) e Alamar Blue (Figura 2.3) apresentam uma correlação positiva. Em ambos ensaios foi verificada uma diminuição da viabilidade celular para os extratos de 24 horas. No entanto a viabilidade celular é maior para os extratos de 48 e 72 horas, quando em comparação ao de 24 horas. Aparentemente o extrato de 24 horas apresenta substâncias mais fortes, capazes de matar células mais sensíveis.

Sabe-se que o silicone tem polimerização contínua e a maior liberação de formaldeído ocorre nas primeiras 72 horas, mas passado este período, a liberação de subproduto ainda continua<sup>9;24</sup>, porém de forma decrescente. Apesar de as amostras desse estudo terem sido colocadas no meio para formação dos extratos após esse período crítico de 72 horas, devido à essa liberação contínua de formaldeído, uma inibição celular pode ter sido causada, justificando os resultados encontrados.

Os resultados do Neutral Red (Figura 2.4) demonstram um aumento da viabilidade celular para todos os períodos de formação de extrato, silicones e pigmentos, quando comparados ao grupo controle positivo. O Neutral Red é utilizado como um corante vital, para tingir células vivas. As células vivas incorporam essa substância em seus lisossomos. À medida que as células começam a morrer, sua capacidade de incorporar vermelho neutro diminui. Assim, a perda de absorção de vermelho neutro corresponde à perda de viabilidade celular<sup>25</sup>.

No entanto, lisossomos são organelas responsáveis pela degradação de partículas vindas do meio extracelular, e também pela reciclagem de outras organelas e componentes celulares envelhecidos<sup>26</sup>, eles estão equipados com a maquinaria para detectar a disponibilidade de nutrientes, o que determina a distribuição, o número, o tamanho e a atividade dos lisossomos para controlar a especificidade do fluxo de carga e do tempo (iniciação e término) da degradação<sup>27</sup>. Assim, esse aumento de viabilidade celular, pode significar na realidade um aumento no número de lisossomos no citoplasma celular, na tentativa de digerir o formaldeído residual liberado - substância que inibe a atividade celular-, também demonstrado no presente estudo, pelos ensaios de MTT e Alamar Blue.

O estudo de Korting et al.<sup>13</sup>, verificou que as células primárias de queratinócitos apresentavam resultados mais próximos dos estudos *in vivo* para o ensaio de Neutral Red.

Esses resultados sugerem que, especialmente quando se usa um teste de Neutral Red para demonstrar citotoxicidade, os queratinócitos primários mostram uma melhor relevância funcional do que as linhagens celulares<sup>16</sup>. À medida que as células primárias são consideravelmente mais sensíveis, é imaginável que o teste de citotoxicidade na linha celular de queratinócitos HaCaT subestime o potencial citotóxico das substâncias de teste para as células da pele humana devido às alterações que a linhagem celular já sofreu, o que justificaria os resultados apresentados no ensaio de Neutral Red do presente estudo.

Estudos futuros analisando os mediadores inflamatórios e quantificando a expressão de genes, como por exemplo colágeno tipo IV, devem ser realizados como complemento deste estudo.

No presente estudo, testes *in vitro* de análise da citotoxicidade foram realizados. Embora apresentem limitações, visto que os resultados não refletem completamente as propriedades citotóxicas do material na sua condição clínica, esses testes são essenciais para avaliar a biocompatibilidade na utilização dos materiais em seres humanos. A partir desses resultados, constatou-se que os materiais utilizados para a confecção de próteses bucomaxilofaciais, silicones e pigmentos, inclusive o novo pigmento proposto, são biocompatíveis para linhagem celular de queratinócitos Hacat.

## 2.7 Conclusão

Apesar das limitações de um estudo *in vitro*, pode-se concluir que todos os materiais utilizados não são citotóxicos, inclusive o novo pigmento proposto para a confecção de próteses bucomaxilofaciais.

## 2.8 Referências

- 1 WEE, A. G. et al. Proposed shade guide for human facial skin and lip: a pilot study. *J Prosthet Dent*, v. 110, n. 2, p. 82-9, Aug 2013. ISSN 0022-3913.
- 2 KANTOLA, R. M. et al. Use of thermochromic pigment in maxillofacial silicone elastomer. *J Prosthet Dent*, v. 110, n. 4, p. 320-5, Oct 2013. ISSN 0022-3913.
- 3 KIAT-AMNUAY, S. et al. Influence of pigments and opacifiers on color stability of silicone maxillofacial elastomer. *J Dent*, v. 37 Suppl 1, p. e45-50, 2009. ISSN 0300-5712.
- 4 DOS SANTOS, D. M. et al. Color stability of polymers for facial prosthesis. *J Craniofac Surg*, v. 21, n. 1, p. 54-8, Jan 2010. ISSN 1049-2275.
- 5 HUNGERFORD, E. et al. Coverage error of commercial skin pigments as compared to human facial skin tones. *J Dent*, v. 41, n. 11, p. 986-91, Nov 2013. ISSN 0300-5712.
- 6 AKASH, R. N.; GUTTAL, S. S. Effect of Incorporation of Nano-Oxides on Color Stability of Maxillofacial Silicone Elastomer Subjected to Outdoor Weathering. *J Prosthodont*, Jan 5 2015. ISSN 1059-941x.
- 7 DOS SANTOS, D. M. et al. Influence of pigments and opacifiers on color stability of an artificially aged facial silicone. *J Prosthodont*, v. 20, n. 3, p. 205-8, Apr 2011. ISSN 1059-941x.

- 8 AL-HARBI, F. A. et al. Mechanical behavior and color change of facial prosthetic elastomers after outdoor weathering in a hot and humid climate. *J Prosthet Dent*, v. 113, n. 2, p. 146-51, Feb 2015. ISSN 0022-3913.
- 9 NOBREGA, A. S. et al. Influence of adding nanoparticles on the hardness, tear strength, and permanent deformation of facial silicone subjected to accelerated aging. *J Prosthet Dent*, May 5 2016. ISSN 0022-3913.
- 10 BAL, B. T. et al. In vitro cytotoxicity of maxillofacial silicone elastomers: effect of accelerated aging. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, v. 89, n. 1, p. 122-6, Apr 2009. ISSN 1552-4973.
- 11 BONATTO, L. D. R. et al. Biocompatibility of primers and an adhesive used for implant-retained maxillofacial prostheses: An in vitro analysis. *J Prosthet Dent*, v. 117, n. 6, p. 799-805, Jun 2017. ISSN 0022-3913.
- 12 AKAY, C. et al. In Vitro Cytotoxicity of Maxillofacial Silicone Elastomers: Effect of Nano-particles. *J Prosthodont*, Sep 06 2016. ISSN 1059-941x.
- 13 KORTING, H. C. et al. Discrimination of the irritancy potential of surfactants in vitro by two cytotoxicity assays using normal human keratinocytes, HaCaT cells and 3T3 mouse fibroblasts: correlation with in vivo data from a soap chamber assay. *J Dermatol Sci*, v. 7, n. 2, p. 119-29, Apr 1994. ISSN 0923-1811 (Print) 0923-1811.
- 14 DA SILVA, E. V. et al. Effect of different methods of polymerizing ocular prosthesis acrylic resin on a human conjunctival cell line. *J Prosthet Dent*, v. 116, n. 5, p. 818-823, Nov 2016. ISSN 0022-3913.

- 15 MOHARAMZADEH, K. et al. Cytotoxicity of resin monomers on human gingival fibroblasts and HaCaT keratinocytes. *Dent Mater*, v. 23, n. 1, p. 40-4, Jan 2007. ISSN 0109-5641 (Print) 0109-5641.
- 16 OLSCHLAGER, V.; SCHRADER, A.; HOCKERTZ, S. Comparison of primary human fibroblasts and keratinocytes with immortalized cell lines regarding their sensitivity to sodium dodecyl sulfate in a neutral red uptake cytotoxicity assay. *Arzneimittelforschung*, v. 59, n. 3, p. 146-52, 2009. ISSN 0004-4172 (Print) 0004-4172.
- 17 ATA, S. O.; YAVUZYILMAZ, H. In vitro comparison of the cytotoxicity of acetal resin, heat-polymerized resin, and auto-polymerized resin as denture base materials. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, v. 91, n. 2, p. 905-9, Nov 2009. ISSN 1552-4973.
- 18 JORGE, J. H. et al. Biocompatibility of denture base acrylic resins evaluated in culture of L929 cells. Effect of polymerisation cycle and post-polymerisation treatments. *Gerodontology*, v. 24, n. 1, p. 52-7, Mar 2007. ISSN 0734-0664 (Print) 0734-0664.
- 19 CIAPETTI, G. et al. False positive results in cytotoxicity testing due to unexpectedly volatile compounds. *J Biomed Mater Res*, v. 39, n. 2, p. 286-91, Feb 1998. ISSN 0021-9304 (Print) 0021-9304.
- 20 SCHUSTER, G. S. et al. Relationships between denture base resin cytotoxicity and cell lipid metabolism. *Int J Prosthodont*, v. 8, n. 6, p. 580-6, Nov-Dec 1995. ISSN 0893-2174 (Print) 0893-2174.
- 21 JORGE, J. H. et al. Cytotoxicity of denture base acrylic resins: a literature review. *J Prosthet Dent*, v. 90, n. 2, p. 190-3, Aug 2003. ISSN 0022-3913 (Print) 0022-3913.

- 22 WALTER, M. N. et al. Mesenchymal stem cell-conditioned medium accelerates skin wound healing: an in vitro study of fibroblast and keratinocyte scratch assays. *Exp Cell Res*, v. 316, n. 7, p. 1271-81, Apr 15 2010. ISSN 0014-4827.
- 23 International Organization for Standardization. ISO 10993-5: biological evaluation of medical devices - Part 5: Tests for in vitro cytotoxicity. Geneva: ISO; 2009.
- 24 FILIE HADDAD, M. et al. Color stability of maxillofacial silicone with nanoparticle pigment and opacifier submitted to disinfection and artificial aging. *J Biomed Opt*, v. 16, n. 9, p. 095004, Sep 2011. ISSN 1083-3668.
- 25 REPETTO, G.; DEL PESO, A.; ZURITA, J. L. Neutral red uptake assay for the estimation of cell viability/cytotoxicity. *Nat Protoc*, v. 3, n. 7, p. 1125-31, 2008. ISSN 1750-2799.
- 26 SILVERTHORN, D. U. *Human Physiology: An integrated approach*. 5. Barueri: 2010.
- 27 XU, H.; REN, D. Lysosomal physiology. *Annu Rev Physiol*, v. 77, p. 57-80, 2015. ISSN 0066-4278.





## *3. Capítulo 2*

## **Influência de diferentes métodos de incorporação de pigmentos na estabilidade cromática de silicones para próteses bucomaxilofaciais**

### **3.1 Resumo**

Uma possível solução para a descoloração de próteses bucomaxilofaciais seria a utilização de pigmentos com alta solidez a luz. Entretanto há relatos na literatura, inclusive com a utilização de anti-UVs, antioxidantes e opacificadores, em que o material alterou a sua cor em curto prazo. Surge um questionamento, se a maneira que esse pigmento é incorporado não poderia estar diretamente relacionada à dispersão e homogeneização do mesmo no material, afetando sua estabilidade cromática. Assim o objetivo desse estudo foi analisar a influência dos métodos de incorporação de três pigmentos na estabilidade cromática de silicones utilizados para confecção de próteses bucomaxilofaciais. Para a confecção das amostras, foram selecionados os silicones faciais A2 A-2186 e Silastic MDX4-4210, e três tipos de pigmentos, sendo dois deles específicos para caracterização de próteses bucomaxilofaciais já existentes no mercado nas cores bronze e preto, e um novo pigmento proposto nesse estudo na cor rosa médio. Ao todo o trabalho possui 20 grupos (n=10), distribuídos de acordo com o tipo de silicone, pigmento adicionado e método de incorporação utilizado (laboratorial convencional, laboratorial mecânica e industrial). As amostras foram submetidas aos testes de estabilidade cromática no período inicial e ao término de cada ciclo de envelhecimento de 252, 504 e 1008 horas. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, utilizando-se os testes de ANOVA e teste de Tukey com nível de significância de 5%. Pode-se verificar, por meio dos resultados que o método de incorporação, pigmento, silicone e período avaliado

influenciaram a estabilidade cromática. Apesar das limitações de um estudo *in vitro*, pode-se concluir que o Método de Incorporação de pigmentos influenciou na estabilidade cromática, sendo o método mais favorável, a incorporação industrial. Com relação aos pigmentos estudados, o novo pigmento Rosa, proposto neste estudo, foi o que apresentou a melhor estabilidade cromática. Apesar desses achados, todas as alterações cromáticas constatadas se mantiveram dentro do limite clinicamente aceitável.

**Palavras-chave:** Prótese Maxilofacial. Elastômeros de Silicone. Corantes. Cor.

## **Influence of different pigment incorporation methods on the chromatic stability of silicone for bucomaxillofacial prostheses**

### **3.2 Abstract**

A possible solution for the discoloration of maxillofacial prostheses would be the use of pigments with high light fastness. However, there are reports in the literature, including the use of anti-UVs, antioxidants and opacifiers, in which the material altered its color in the short term. A question is raised, if the way that this pigment is incorporated could not be directly related to the dispersion and homogenization of the same in the material, affecting its chromatic stability. Thus, the objective of this study was to analyze the influence of incorporation methods of three pigment on the chromatic stability of silicones used to make maxillofacial prostheses. For the specimens manufacturing, the facial silicones A2 A-2186 and Silastic MDX4-4210, and three types of pigments were selected, two of them specific for the characterization of maxillofacial prostheses, that already exists on the market, in bronze and black colors, and a new pigment, in pink medium color. The work presents 20 groups (n=10), distributed according to the type of silicone, pigment added and method of incorporation used (conventional, mechanical and industrial). The samples were submitted to chromatic stability tests in the initial period and at the end of each aging cycle of 252, 504 and 1008 hours. The data were submitted to statistical analysis, using ANOVA and Tukey test with a significance level of 5%. It can be verified, through the results that the method of incorporation, pigment, silicone and period evaluated influenced the chromatic stability. Despite the limitations of an in vitro study, it can be concluded that the pigment incorporation method influenced the chromatic stability, being the most favorable method, the industrial incorporation. Regarding the pigments studied, the new pink pigment, proposed in this study, presented

the best color stability. Despite these findings, all the chromatic alterations observed remained within the clinically acceptable limit.

**Key-words:** Maxillofacial Prosthesis. Silicone Elastomers. Coloring Agents. Color.

### 3.3 Introdução

As próteses bucomaxilofaciais são utilizadas escondendo defeitos, de forma a proporcionar uma aparência mais agradável e, algumas vezes inclusive, melhora da função<sup>1;2</sup>. O que permite ao paciente mutilado retomar sua rotina social, resultando em melhora da autoestima e, conseqüentemente, da qualidade de vida<sup>3;4;5</sup>.

Uma prótese ideal deve reproduzir as estruturas perdidas nos mínimos detalhes e ser imperceptível em público. Entretanto a natureza do defeito, as habilidades do protesista e os materiais de escolha limitam a beleza da prótese<sup>6</sup> e, conseqüentemente o seu uso, já que a sua principal função é a recuperação da estética.

Sendo assim, cor, forma e textura, são características primordiais que irão determinar o sucesso ou falha da prótese bucomaxilofacial<sup>1; 7</sup>, bem como a sua durabilidade<sup>5; 6</sup>.

Desta forma, um dos maiores problemas enfrentados pelos protesista é a descoloração sofrida pela prótese, às vezes em menos de um ano de uso<sup>8; 9; 10</sup>, seja essa pigmentação realizada de forma intrínseca ou extrínseca<sup>10</sup>. A literatura<sup>9; 10; 11; 12</sup> atribui essa alteração de cor à exposição aos raios ultravioletas e à manipulação diária da prótese pelo paciente, ao utilizar cosméticos e solventes para limpeza, além de atos insensatos, tais como o uso de tabaco.

Já é consagrado o uso da câmara de envelhecimento acelerado para avaliar a degradação de materiais poliméricos<sup>1; 11; 13; 14; 15</sup>. Apesar de esse ensaio realizar condições extremas de umidade e de exposição aos raios UVB, ele é considerado um método viável, capaz de simular as mesmas condições e deteriorações do envelhecimento natural<sup>16</sup>.

Contudo, deve-se levar em consideração que a estabilidade cromática do pigmento, bem como, a dificuldade de pigmentação do material de escolha para

confecção da prótese, podem ser os responsáveis por essa descoloração<sup>12</sup>. De acordo com Mayer<sup>17</sup>, o desbotamento de um pigmento ou corante não é uma supressão ou desaparecimento da substância, trata-se na realidade de uma alteração química, que pode ser influenciada por diversos fatores, desde a sua composição até a maneira que esse pigmento é incorporado.

A pureza química de um pigmento é variável. Alguns compostos simples são praticamente puros, enquanto outros pigmentos, apesar de apresentarem alto grau de pureza, contêm outros elementos adicionados durante a fabricação, como para a alteração da cor<sup>12</sup>.

Os pigmentos podem ser classificados quanto à sua origem, sendo esta de acordo com o seu componente principal. Pigmentos orgânicos são aqueles de origem animal, vegetal ou sintética. Já os pigmentos inorgânicos não são formados por carbono e hidrogênio, eles contêm átomos de metal, são, portanto, de origem mineral<sup>17; 18</sup>. Existem relatos que os pigmentos orgânicos apresentam menor solidez à luz e, conseqüentemente, são mais susceptíveis a deterioração, apresentando assim, uma vida útil mais limitada<sup>12</sup>.

Solidez à luz é uma propriedade física que determina a capacidade de um material resistir à alteração de cor quando exposto a luz, podendo variar de I a V a sua classificação, sendo I a menor alteração cromática e V a maior<sup>19</sup>.

Assim, poderia ser determinado como solução para a descoloração de próteses bucomaxilofaciais a utilização de pigmentos com alta solidez. Entretanto há relatos na literatura<sup>3; 8; 20</sup>, inclusive com a utilização de anti-UVs, antioxidantes e opacificadores, em que o material alterou a sua cor em curto prazo. Surge um questionamento então, se a maneira que esse pigmento é incorporado não poderia estar diretamente relacionada à dispersão e homogeneização do mesmo no material<sup>3</sup>, afetando então as suas propriedades no que se relaciona principalmente à estabilidade cromática.

É ainda importante ressaltar a dificuldade de se realizar uma prótese com a coloração exata da pele e que, apesar de existirem tentativas de confecção de escalas de cor<sup>4; 7; 21; 22; 23</sup>, nenhuma ainda se consagrou, seja na literatura ou na rotina clínica.

Não há ainda um consenso sobre qual seria o melhor método de incorporação de pigmentos e se eles interferem na estabilidade cromática de silicones faciais. Por isso a execução desse trabalho se justificou pela necessidade de avaliar qualitativamente três diferentes métodos de incorporação de pigmentos e a sua influência ao longo do tempo.

O presente estudo tem como objetivo analisar a influência dos métodos de incorporação de três pigmentos na estabilidade cromática dos silicones A2 A-2186 e Silastic MDX4-4210.

Este estudo apresenta como hipótese nula que a incorporação de pigmentos não irá influenciar os valores de estabilidade cromática dos silicones.



### 3.4 Materiais e Métodos

#### 3.4.1. Materiais

Os materiais utilizados para a confecção das amostras estão listados abaixo

(Quadro 3.1):

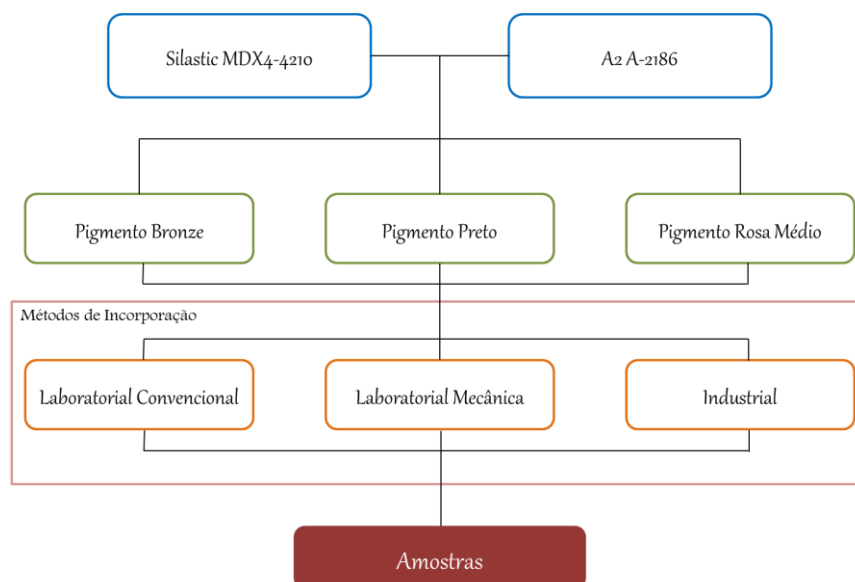
**Quadro 3.1** – Materiais utilizados para a confecção das amostras

MARCA COMERCIAL	FABRICANTE
Silicone Silastic MDX4-4210	Dow Corning Corporation Medical Products, Midland, MI, EUA
Silicone A2 A-2186	Factor II, Lakeside, AZ, EUA
Pigmento FI- Functional Intrinsic II – Silicone Coloring System Bronze (Tan FI – 215)	Factor II, Lakeside, AZ, EUA
Pigmento FI- Functional Intrinsic II – Silicone Coloring System Preto (Black FI – 205)	Factor II, Lakeside, AZ, EUA
Pigmento Rosa Médio Orbital	Orbital Colors, Birigui, SP

#### 3.4.2. Métodos

Para a confecção das amostras, foram selecionados os silicones faciais A2 A-2186 e Silastic MDX4-4210, três tipos de pigmentos, sendo dois deles específicos para caracterização de próteses bucomaxilofaciais já existentes no mercado nas cores bronze e preto, e um novo pigmento na cor rosa médio, obtido a partir de cores primárias,

(vermelho e amarelo), e de matização (branco) e sombreamento (preto) (Figura 3.1) (Quadro 3.1).



**Figura 3.1.** Fluxograma de confecção das amostras

Ao todo o trabalho possui 20 grupos, distribuídos de acordo com o tipo de silicone, pigmento adicionado e método de incorporação utilizado, sendo a divisão: **Grupo 1:** Silicone A2 A-2186 (SA), **Grupo 2:** SA + Pigmento Bronze (B) + Incorporação Laboratorial Convencional (C), **Grupo 3:** SA+ B+ Incorporação Laboratorial Mecânica (M), **Grupo 4:** SA+ B+ Incorporação Industrial (I), **Grupo 5:** SA + Pigmento Preto (P) + C, **Grupo 6:** SA + P+ M, **Grupo 7:** SA+ P+ I, **Grupo 8:** SA+ Pigmento Rosa Médio (R)+ C, **Grupo 9:** SA+ R+M, **Grupo 10:** SA+ R+ I, **Grupo 11:** Silicone Silastic MDX4-4210 (SS), **Grupo 12:** SS + B + C, **Grupo 13:** SS+ B+ M, **Grupo 14:** SS+ B+ I, **Grupo 15:** SS + P + C, **Grupo 16:** SS + P+ M, **Grupo 17:** SS+ P+ I, **Grupo 18:** SS+ R+ C, **Grupo 19:** SS+ R+M, **Grupo 20:** SS+ R+ I.

As amostras foram submetidas às leituras iniciais dos testes de estabilidade cromática e envelhecidas por 252, 504 e 1008 horas de envelhecimento acelerado, sendo que novas leituras foram realizadas ao término de cada ciclo.

### *Confecção das amostras*

Para avaliação da estabilidade cromática foram confeccionadas 10 amostras para cada um dos grupos (n=10), por meio de matrizes com dimensões de 30 mm de diâmetro e 2 mm de espessura<sup>13;24</sup>. As leituras foram realizadas no período inicial e após 252, 504 e 1008 horas de envelhecimento acelerado.

Os silicones e os pigmentos foram pesados em balança analítica digital (Adventurer, Ohaus Corporation, NJ, EUA) sendo que os pigmentos bronze e preto foram adicionados a 0,2% do peso do silicone e para a coloração rosa médio foram adicionadas de acordo com a especificação do fabricante (Branco: 0,600%; Amarelo: 0,122%; Vermelho: 0,030%; Preto: 0,006%).

Os silicones foram manuseados de acordo com as especificações do seu respectivo fabricante e vertidos em matrizes de aço inoxidável. Dependendo do grupo, diferentes métodos de incorporação dos pigmentos aos silicones foram realizados.

### *Métodos de incorporação*

Para incorporação laboratorial convencional, o pigmento foi misturado ao silicone sobre uma placa de vidro com o auxílio de uma espátula de aço inoxidável, até a obtenção de uma massa homogênea. Após o manuseio, o silicone foi inserido no interior da matriz e, com o auxílio de uma espátula de metal, foi feita a regularização da espessura. A matriz foi então levada à polimerizadora com pressão de 20 libras durante 20 minutos. Após este período, o silicone, contido na matriz, foi mantido com a superfície exposta ao meio ambiente por 72 horas até completa polimerização do material com a liberação do subproduto (formaldeído), conforme recomendação do fabricante. Após esse período cada amostra foi separada cuidadosamente da matriz metálica para evitar distorções.

Para incorporação laboratorial mecânica, o silicone foi misturado ao pigmento manualmente durante 15 segundos, seguida pela espatulação mecânica e a vácuo (20 psi)

por 30s com 425 RPM, em espatuladora mecânica (Modelo 1170/97, Polidental Ind. e Com. Ltda.). Após a espatulação, foram seguidos os mesmos passos da incorporação laboratorial convencional.

A incorporação industrial do pigmento ao silicone foi realizada na indústria Orbital Colors® (Orbital Ind. E Com. Ltda., Birigui, SP, Brasil), o pigmento foi adicionado à base do silicone por meio de uma máquina de moagem, que consistiu de três etapas. Inicialmente o pigmento foi adicionado ao silicone por meio de um dispersor em hélice, em seguida passou por um moinho tricilindro e posteriormente por um teste de controle de qualidade padrões técnicos para a garantia da qualidade de produtos industriais e científicos na Alemanha, segundo norma DIN- Deutsches Institut für Normung. Foi adicionado à base pigmentada a nível laboratorial o catalisador, conforme especificações do fabricante e, então, inserido na matriz. Seguindo os passos descritos anteriormente nos outros métodos para a confecção das amostras.

#### Estabilidade Cromática

As leituras de estabilidade de cor das amostras foram realizadas por espectrofotometria de reflexão ultravioleta visível. As alterações de croma e luminosidade foram avaliadas com auxílio do espectrofotômetro de reflexão (Shimadzu Corp., Nakagyo-ku, Kyoto, Japão)<sup>25</sup>. As alterações de cor foram calculadas por meio do Sistema CIE Lab, conforme estabelecido pela *Commission Internationale de l'Eclairage* - CIE (Comissão Internacional sobre Iluminação).

O CIE Lab permite a especificação de percepções de cores em termos de espaço tridimensional, comparando-se a cor da superfície das amostras com a cor do grupo controle correspondente, através do comprimento de onda versus reflexão. A axial “L” é conhecida como luminosidade e se estende de 0 (preto) a 100 (branco perfeito). A coordenada “a” representa a quantidade de vermelho (valores positivos) e de verde

(valores negativos), enquanto a coordenada “b” representa a quantidade de amarelo (valores positivos) e de azul (valores negativos). As coordenadas “a” e “b” coexistem no mesmo plano, dentro deste espaço tridimensional. O sistema CIE Lab calcula a variação de cor entre dois pontos por meio da fórmula:  $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ .

### Envelhecimento Acelerado

Para análise da estabilidade cromática ao longo do tempo, foi realizado o envelhecimento acelerado. Para isso, as amostras foram posicionadas em uma câmara (Equilam, Diadema, SP, Brasil), para corpos não metálicos, UVB/condensação, e submetidas a períodos alternados de luz ultravioleta e condensação de água destilada saturada de oxigênio, sob as condições de calor e umidade 100%. Cada ciclo de envelhecimento é realizado por doze horas, sendo que nas primeiras oito horas incide luz ultravioleta a temperatura de  $60 \pm 3^{\circ} \text{C}$  e nas quatro horas seguintes ocorre um período de condensação sem luz, com temperatura de  $45 \pm 3^{\circ} \text{C}$ .

Este ensaio foi realizado por um total de 1008 horas havendo intervalos para leituras em 252 e 504 horas, simulando a deterioração causada, tanto pela água da chuva como do orvalho e a energia ultravioleta da luz do Sol, durante o período de 3, 6 e 12 meses de uso clínico da prótese.

### **Análise dos dados**

Os dados obtidos dos efeitos das análises de estabilidade cromática foram submetidos ao teste de aderência à curva de normalidade.

Foi aplicada análise de variância (ANOVA), para avaliar a interação de cada um dos fatores com as variáveis: material utilizado (Silicone Silastic MDX4-4210 e Silicone A2 A-2186), tipo de incorporação, pigmentos (bronze, preto e rosa) e período (antes e após o envelhecimento acelerado). Diferenças significantes foram comparadas pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha = 0,05$ ).

### 3.5 Resultados

#### Estabilidade Cromática

Pode-se observar para todos os pigmentos e silicones avaliados, que o método de incorporação Industrial resultou em menores valores de alteração de cor ( $\Delta E$ ) quando comparado aos demais métodos (Tabela 3.1).

**Tabela 3.1.** Valores médios (desvio padrão) de alteração de cor ( $\Delta E$ ) dos silicones utilizados de acordo com o método de incorporação, pigmento e marca do silicone.

Silicone	Pigmento	Método de incorporação		
		Convencional	Mecânico	Industrial
A2 A-2186	Bronze	2,01 (0,09)	1,78 (0,12)	1,41 (0,18)
	Preto	2,16 (0,66)	1,55 (0,26)	1,38 (0,14)
	Rosa	1,25 (0,17)	0,81 (0,08)	0,57 (0,11)
MDX-4 4210	Bronze	1,93 (0,99)	1,54 (0,31)	1,42 (0,19)
	Preto	3,63 (0,49)	2,45 (0,12)	2,06 (0,09)
	Rosa	1,50 (0,19)	0,93 (0,08)	0,64 (0,12)

A análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para quatro fatores para os valores de alteração de cor revelou diferença estatística significativa na interação dos fatores: Método de incorporação x Pigmento ( $p < 0,001$ ), Método de incorporação x Silicone ( $p = 0,029$ ), Pigmento x Silicone ( $p < 0,001$ ).

Pode-se observar que o método de incorporação Industrial apresentou os menores valores de alteração de cor ( $\Delta E$ ) com diferença estatística para todos os pigmentos utilizados. Além disso, o pigmento Rosa apresentou a melhor estabilidade cromática para todos os métodos de incorporação quando comparado aos demais pigmentos (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2.** Valores médios (desvio padrão) de alteração de cor ( $\Delta E$ ) dos silicones utilizados de acordo com o método de incorporação e o pigmento, independente da marca do silicone.

Método de incorporação	Pigmento		
	Bronze	Preto	Rosa
<b>Convencional</b>	1,97 (0,68) Aa	2,89 (0,94) Ab	1,38 (0,22) Ac
<b>Mecânico</b>	1,66 (0,26) Ba	2,00 (0,50) Bb	0,87 (0,10) Bc
<b>Industrial</b>	1,42 (0,18) Ca	1,72 (0,37) Cb	0,61 (0,11) Cc

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ( $p < .05$ )

pelo teste de Tukey.

Independentemente do pigmento utilizado, o silicone A2 A-2186 apresentou os menores valores de alteração de cor para todos os métodos de incorporação, quando comparados ao silicone MDX4-4210 (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3.** Valores médios (desvio padrão) de alteração de cor ( $\Delta E$ ) dos diferentes silicones de acordo com o método de incorporação, independente do pigmento utilizado.

<b>Método de incorporação</b>	<b>Silicone</b>	
	<b>A2 A-2186</b>	<b>MDX-4 4210</b>
<b>Convencional</b>	1,81 (0,56) Aa	2,35 (1,12) Ab
<b>Mecânico</b>	1,38 (0,45) Ba	1,64 (0,66) Bb
<b>Industrial</b>	1,12 (0,42) Ca	1,38 (0,61) Cb

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ( $p < .05$ ) pelo teste de Tukey.

Para o silicone A2 A-2186 o pigmento Rosa apresentou os menores valores de alteração cromática com diferença estatisticamente significativa para os demais pigmentos (Tabela 3.4). Na análise comparativa entre os silicones, o pigmento Preto foi o único a apresentar valores de alteração cromática com diferença estatisticamente significativa (Tabela 3.4).

**Tabela 3.4.** Valores médios (desvio padrão) de alteração de cor ( $\Delta E$ ) dos diferentes silicones utilizados de acordo com o pigmento, independentemente do método de incorporação.

<b>Pigmento</b>	<b>Silicone</b>	
	<b>A2 A-2186</b>	<b>MDX-4 4210</b>
<b>Bronze</b>	1,74 (0,29) Aa	1,63 (0,63) Aa
<b>Preto</b>	1,70 (0,53) Aa	2,71 (0,73) Bb
<b>Rosa</b>	0,88 (0,31) Ba	1,03 (0,39) Ca

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ( $p < .05$ ) pelo teste de Tukey.



Envelhecimento Acelerado

Análise de Variância (ANOVA) três fatores para comparação entre os períodos de envelhecimento de alteração de cor ( $\Delta E$ ) do método de incorporação industrial, demonstrou diferença estatisticamente significativa na interação entre os fatores: Período x Pigmento x Silicone ( $p < 0,001$ ).

O envelhecimento acelerado produziu um aumento progressivo na alteração de cor para todos os pigmentos e silicones, com diferença estatisticamente significativa entre os períodos (Tabela 3.5). Observa-se ainda que o pigmento Rosa exibiu os menores valores de alteração cromática para todos os silicones e períodos analisados (Tabela 3.7).

Tabela 3.5. Valores médios (desvio padrão) de alteração de cor ( $\Delta E$ ) dos silicones que receberam incorporação industrial dos pigmentos, de acordo com o pigmento, marca do silicone e diferentes períodos de análise.

Silicone	Pigmento	Período		
		252 horas	504 horas	1008
A2 A-2186	Bronze	0,81 (0,11) Aa	1,27 (0,26) Ab	1,41 (0,18) Ac
	Preto	0,51 (0,13) Ba	0,94 (0,21) Bb	1,38 (0,14) Ac
	Rosa	0,28 (0,10) Ca	0,40 (0,13) Cb	0,57 (0,11) Bc
MDX4 4210	Bronze	0,38 (0,04) Aa	0,51 (0,09) Ab	1,42 (0,19) Ac
	Preto	0,31 (0,06) Aa	0,67 (0,18) Bb	2,06 (0,09) Bc
	Rosa	0,20 (0,04) Ba	0,37 (0,14) Ab	0,64 (0,12) Cc

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna (para cada silicone individualmente) e letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

### 3.6 Discussão

A hipótese nula desse estudo foi rejeitada uma vez que o método de incorporação e os pigmentos influenciaram a estabilidade cromática.

É necessário a análise das propriedades físicas, para verificar se os materiais testados, principalmente, o novo pigmento proposto, se comportam de forma adequada, garantindo a longevidade do tratamento.

Assim, a meta desse estudo foi propor um pigmento que fosse estável e capaz de mimetizar qualquer tom de pele e também encontrar o método de incorporação de pigmentos mais eficaz, de forma a melhorar a estabilidade cromática, tão facilmente prejudicada nesses tratamentos reabilitadores.

Os resultados do presente estudo indicaram que a incorporação Industrial foi a mais favorável para a estabilidade cromática (Tabela 3.2). Provavelmente devido ao fato de que esse método resulta em uma mistura mais homogênea do silicone com os pigmentos, diminuindo a incorporação de oxigênio no material<sup>52</sup>. Esse fato se confirma na análise da incorporação laboratorial mecânica, realizada em espatuladora à vácuo, que apresentou a melhor estabilidade cromática depois da incorporação industrial.

O termo solidez à luz designa a resistência, ou seja, a durabilidade, que a cor oferece, quando exposta à luz direta do Sol, à luz difusa do dia ou à luz artificial. Já são utilizados pigmentos com alta solidez a luz em diferentes ramos, tais como para a confecção de tatuagens<sup>30</sup> e para tingimentos de cabelo<sup>31</sup>, por exemplo. Contudo não existe ainda na literatura um pigmento que apresente alta solidez a luz para a pigmentação de próteses bucomaxilofaciais, sendo o pigmento Rosa utilizado neste estudo o primeiro a ser proposto. Além de se apresentar mais estável, esse pigmento irá permitir que por meio de um espectrofotômetro portátil, seja realizada a leitura da cor da pele do paciente,

gerando a informação para o profissional da quantidade de cada pigmento – vermelho, amarelo, branco e preto - que deverá ser adicionado ao silicone para se obter a cor desejada. Essa ideia tem por objetivo solucionar o problema clínico em busca da realização de uma escala de cor para o tom de pele<sup>4; 7; 21; 22; 23</sup>.

O silicone A2 A-2186, foi o que apresentou os melhores resultados de estabilidade cromática (Tabelas 3.3 e 3.4). É importante ressaltar que durante a manipulação, esse silicone era aparentemente mais difícil de proporcionar, homogeneizar e regularizar, por apresentar uma consistência mais pegajosa. No entanto, uma vez polimerizado, ele se apresentava com uma melhor textura e aparência. Provavelmente a sua consistência seja responsável por diminuir a porosidade, dificultando a alteração do elastômero em questão.

A alteração de cor sofreu um aumento gradual nos diferentes períodos analisados após os ciclos de envelhecimento acelerado (Tabela 3.5). Isso ocorre porque a maioria dos polímeros têm cadeias moleculares nos seus anéis aromáticos e ligações C=C, que podem absorver a radiação UV. Assim, quando uma molécula de polímero absorve luz UV, essa energia promove instabilidade na estrutura molecular. O excesso de energia é transmitido por excitação de uma molécula para outra, permitindo que a primeira molécula recupere sua estabilidade. Dessa forma grupos afetados podem voltar para os seus estados originais, pela liberação de energia em forma de comprimento mais longo, como luz visível ou calor. Entretanto, ao liberar esse excesso de energia, ocorre uma degradação fotoquímica, contribuindo para a deterioração da molécula, evidenciada principalmente por mudanças de cor e brilho<sup>26; 32</sup>.

Existem diferentes parâmetros na literatura para se considerar as alterações cromáticas perceptíveis e aceitáveis para próteses bucomaxilofaciais, podendo variar de 0,8 à 3,0 e de 1,8 à 4,5, respectivamente<sup>29; 33; 34</sup>. O maior valor encontrado de alteração

cromática, foi para o pigmento Preto (3,63) incorporado pelo método convencional ao silicone MDX-4 4210 (Tabela 3.1).

A partir de um parâmetro cromático frequentemente utilizado na odontologia, estabelecido por Goldstein e Schmitt<sup>35</sup>, de que valores de  $\Delta E$  superiores a 3,7 não são clinicamente aceitáveis, pode-se dizer, baseando-se nos resultados do presente estudo, que apesar das diferenças estatisticamente significantes encontradas, todos os materiais avaliados apresentaram adequada estabilidade cromática.

### 3.7 Conclusão

Apesar das limitações de um estudo *in vitro*, pode-se concluir que o Método de Incorporação de pigmentos influenciou na estabilidade cromática, sendo o método mais favorável, a incorporação industrial. Com relação aos pigmentos estudados, o novo pigmento Rosa, proposto neste estudo, foi o que apresentou a melhor estabilidade cromática. Apesar desses achados, todas as alterações cromáticas constatadas se mantiveram dentro do limite clinicamente aceitável.

### 3.8 Referências

- 1 KIAT-AMNUAY, S. et al. Influence of pigments and opacifiers on color stability of silicone maxillofacial elastomer. *J Dent*, v. 37 Suppl 1, p. e45-50, 2009. ISSN 0300-5712.
- 2 AL-HARBI, F. A. et al. Mechanical behavior and color change of facial prosthetic elastomers after outdoor weathering in a hot and humid climate. *J Prosthet Dent*, v. 113, n. 2, p. 146-51, Feb 2015. ISSN 0022-3913.
- 3 DOS SANTOS, D. M. et al. Color stability of polymers for facial prosthesis. *J Craniofac Surg*, v. 21, n. 1, p. 54-8, Jan 2010. ISSN 1049-2275.
- 4 HUNGERFORD, E. et al. Coverage error of commercial skin pigments as compared to human facial skin tones. *J Dent*, v. 41, n. 11, p. 986-91, Nov 2013. ISSN 0300-5712.
- 5 AKASH, R. N.; GUTTAL, S. S. Effect of Incorporation of Nano-Oxides on Color Stability of Maxillofacial Silicone Elastomer Subjected to Outdoor Weathering. *J Prosthodont*, Jan 5 2015. ISSN 1059-941x.
- 6 LEMON, J. C. et al. Color stability of facial prostheses. *J Prosthet Dent*, v. 74, n. 6, p. 613-8, Dec 1995. ISSN 0022-3913 (Print) 0022-3913.
- 7 WEE, A. G. et al. Proposed shade guide for human facial skin and lip: a pilot study. *J Prosthet Dent*, v. 110, n. 2, p. 82-9, Aug 2013. ISSN 0022-3913.

- 8 KIAT-AMNUAY, S. et al. Interactions of pigments and opacifiers on color stability of MDX4-4210/type A maxillofacial elastomers subjected to artificial aging. *J Prosthet Dent*, v. 95, n. 3, p. 249-57, Mar 2006. ISSN 0022-3913 (Print)0022-3913.
- 9 GARY, J. J.; HUGET, E. F.; POWELL, L. D. Accelerated color change in a maxillofacial elastomer with and without pigmentation. *J Prosthet Dent*, v. 85, n. 6, p. 614-20, Jun 2001. ISSN 0022-3913 (Print)0022-3913.
- 10 GOIATO, M. C.; MURAKAWA, A. C.; MANCUSO, D. N. Pigmentação de próteses bucomaxilofaciais. *Revista Odonto*. São Bernardo do Campo. 16: 92-99 p. 2008.
- 11 BEATTY, M. W. et al. Color changes in dry-pigmented maxillofacial elastomer resulting from ultraviolet light exposure. *J Prosthet Dent*, v. 74, n. 5, p. 493-8, Nov 1995. ISSN 0022-3913 (Print)0022-3913.
- 12 GARY, J. J.; SMITH, C. T. Pigments and their application in maxillofacial elastomers: a literature review. *J Prosthet Dent*, v. 80, n. 2, p. 204-8, Aug 1998. ISSN 0022-3913 (Print)0022-3913.
- 13 DOS SANTOS, D. M. et al. Influence of pigments and opacifiers on color stability of an artificially aged facial silicone. *J Prosthodont*, v. 20, n. 3, p. 205-8, Apr 2011. ISSN 1059-941x.
- 14 FILIE HADDAD, M. et al. Color stability of maxillofacial silicone with nanoparticle pigment and opacifier submitted to disinfection and artificial aging. *J Biomed Opt*, v. 16, n. 9, p. 095004, Sep 2011. ISSN 1083-3668.
- 15 PESQUEIRA, A. A. et al. Effect of disinfection and accelerated ageing on dimensional stability and detail reproduction of a facial silicone with nanoparticles. *J Med Eng Technol*, v. 36, n. 4, p. 217-21, May 2012. ISSN 0309-1902.

- 16 DOS SANTOS, D. M. et al. Influence of natural weathering on colour stability of materials used for facial prosthesis. *Journal Of Medical Engineering & Technology*, England, v. 36, n. 5, p. 267-270, 2012. ISSN 1464-522X.
- 17 MAYER, R. *The artist's handbook of materials and techniques*. 5th. New York: Viking Penguin, 1991.
- 18 KANTOLA, R. M. et al. Use of thermochromic pigment in maxillofacial silicone elastomer. *J Prosthet Dent*, v. 110, n. 4, p. 320-5, Oct 2013. ISSN 0022-3913.
- 19 MATERIALS, A. S. F. T. *Standard terminology of appearance (ASTM E 284-96c)*. West Conshohocken (PA).
- 20 TRAN, N. H.; SCARBECZ, M.; GARY, J. J. In vitro evaluation of color change in maxillofacial elastomer through the use of an ultraviolet light absorber and a hindered amine light stabilizer. *J Prosthet Dent*, v. 91, n. 5, p. 483-90, May 2004. ISSN 0022-3913 (Print) 0022-3913.
- 21 GUTTAL, S. S. et al. A study on reproducing silicone shade guide for maxillofacial prostheses matching Indian skin color. *Indian J Dent Res*, v. 19, n. 3, p. 191-5, Jul-Sep 2008. ISSN 0970-9290 (Print)0970-9290.
- 22 COWARD, T. J.; SEELAUS, R.; LI, S. Y. Computerized color formulation for African-Canadian people requiring facial prostheses: a pilot study. *J Prosthodont*, v. 17, n. 4, p. 327-35, Jun 2008. ISSN 1059-941x.
- 23 XIAO, K. et al. Color reproduction for advanced manufacture of soft tissue prostheses. *J Dent*, v. 41 Suppl 5, p. e15-23, Nov 2013. ISSN 0300-5712.



- 24 GOIATO, M. C. et al. Effect of different solutions on color stability of acrylic resin-based dentures. *Braz Oral Res*, v. 28, n. 1, p. 1-7, Jan 2014. ISSN 1806-8324.
- 25 MANCUSO, D. N. et al. Visual evaluation of color stability after accelerated aging of pigmented and nonpigmented silicones to be used in facial prostheses. *Indian J Dent Res*, v. 20, n. 1, p. 77-80, Jan-Mar 2009. ISSN 0970-9290.
- 26 NOBREGA, A. S. et al. Influence of adding nanoparticles on the hardness, tear strength, and permanent deformation of facial silicone subjected to accelerated aging. *J Prosthet Dent*, May 5 2016. ISSN 0022-3913.
- 27 VERA, C. et al. Prosthetic reconstruction of a patient with an acquired nasal defect using extraoral implants and a CAD/CAM copy-milled bar. *J Prosthodont*, v. 23, n. 7, p. 582-7, Oct 2014. ISSN 1059-941x.
- 28 NEGAHDARI, R. et al. Rehabilitation of a partial nasal defect with facial prosthesis: a case report. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, v. 8, n. 4, p. 256-9, Fall 2014. ISSN 2008-210X (Print)2008-210x.
- 29 BANKOGLU, M. et al. Influence of pigments and pigmenting methods on color stability of different silicone maxillofacial elastomers after 1-year dark storage. *J Craniofac Surg*, v. 24, n. 3, p. 720-4, May 2013. ISSN 1049-2275.
- 30 PETERSEN, H.; LEWE, D. Chemical purity and toxicology of pigments used in tattoo inks. *Curr Probl Dermatol*, v. 48, p. 136-41, 2015. ISSN 1421-5721.
- 31 ZHANG, G.; MCMULLEN, R. L.; KULCSAR, L. Investigation of hair dye deposition, hair color loss, and hair damage during multiple oxidative dyeing and shampooing cycles. *J Cosmet Sci*, v. 67, n. 1, p. 1-11, Jan-Feb 2016. ISSN 1525-7886 (Print)1525-7886.

- 32 DOS SANTOS, D. M. et al. Effect of addition of pigments and opacifier on the hardness, absorption, solubility and surface degradation of facial silicone after artificial ageing. *Polym. Degrad. Stabil.*, v. 97, n. 8, p. 1249-1253, 2012. ISSN 0141-3910.
- 33 LEOW, M. E. et al. Assessment of colour differences in silicone hand and digit prostheses: perceptible and acceptable thresholds for fair and dark skin shades. *Prosthet Orthot Int*, v. 30, n. 1, p. 5-16, Apr 2006. ISSN 0309-3646 (Print)0309-3646.
- 34 PARAVINA, R. D. et al. Color difference thresholds of maxillofacial skin replications. *J Prosthodont*, v. 18, n. 7, p. 618-25, Oct 2009. ISSN 1059-941x.
- 35 GOLDSTEIN, G. R.; SCHMITT, G. W. Repeatability of a specially designed intraoral colorimeter. *J Prosthet Dent*, v. 69, n. 6, p. 616-9, Jun 1993. ISSN 0022-3913 (Print)0022-3913.



*4. Capítulo 3*

## **Influência de diferentes métodos de incorporação de pigmentos em propriedades físicas de silicones para próteses bucomaxilofaciais**

### **4.1 Resumo**

Um dos principais problemas dos tratamentos protéticos maxilofaciais é a estabilidade cromática, algumas próteses chegam a despigmentar em apenas três meses de uso. Assim técnicas de combate à descoloração do material têm sido relatadas na tentativa de melhorar essa dificuldade. Um dos fatores diretamente associado à essa propriedade é a capacidade do material de absorver e solubilizar substâncias, que poderá intervir negativamente em outras propriedades, como por exemplo, a estabilidade dimensional ou a reprodução de detalhes do mesmo, visto que poderia resultar em novos problemas, como por exemplo a falta de caracterização e desadaptação da prótese. Assim o objetivo desse estudo foi analisar a influência dos métodos de incorporação de três pigmentos na absorção e solubilidade, estabilidade dimensional e reprodução de detalhes de silicones para próteses bucomaxilofaciais. Para a confecção das amostras, foram selecionados os silicones A2 A-2186 e Silastic MDX4-4210, e três tipos de pigmentos, sendo dois deles específicos para caracterização de próteses bucomaxilofaciais nas cores bronze e preto, e um novo pigmento na cor rosa médio. Ao todo o trabalho possui 20 grupos (n=10), distribuídos de acordo com o tipo de silicone, pigmento adicionado e método de incorporação utilizado (laboratorial convencional, laboratorial mecânica e industrial). As amostras foram submetidas aos testes propostos no período inicial e ao término de cada ciclo de envelhecimento de 252, 504 e 1008 horas. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, utilizando-se os testes de ANOVA e teste de Tukey com nível de significância de 5%. Verificou-se que o método de incorporação e os pigmentos influenciaram os valores de absorção e solubilidade e estabilidade dimensional, contudo

não foi encontrada nenhuma alteração no escore de reprodução de detalhes. Todos os resultados apresentados por este estudo e pela literatura corroboram a efetividade dos materiais avaliados no presente estudo, independentemente do método de incorporação e pigmento utilizado, visto que apresentaram valores aceitáveis de absorção e solubilidade e alteração dimensional, além de uma ótima reprodução de detalhes, pode-se indicar, portanto, a utilização dos silicones e pigmentos estudados para a confecção de próteses bucomaxilofaciais.

**Palavras-chave:** Prótese Maxilofacial. Elastômeros de Silicone. Absorção. Solubilidade. Propriedades físicas.

## **Influence of different pigment incorporation methods on physical properties of silicones for bucomaxillofacial prostheses**

### **4.2 Abstract**

The literature indicates that one of the main problems of maxillofacial prosthetic treatments is chromatic stability, some prostheses even depigmentate in only three months of use. Thus, techniques for combating material discoloration have been reported in an attempt to improve this difficulty. However, it is important that the use of opacifiers and pigments does not adversely interfere with other properties, for example in the ability of the material to absorb and solubilize substances, nor in dimensional stability or detail reproduction thereof, as it could result in new problems, such as the lack of characterization and maladaptation of the prosthesis. Thus the objective of this study was to analyze the influence of three pigment incorporation methods on the absorption and solubility, dimensional stability and reproduction of details of silicones for maxillofacial prostheses. For the specimens manufacturing, the facial silicones A2 A-2186 and Silastic MDX4-4210, and three types of pigments were selected, two of them specific for the characterization of maxillofacial prostheses, that already exists on the market, in bronze and black colors, and a new pigment, in pink medium color. The work presents 20 groups (n=10), distributed according to the type of silicone, pigment added and method of incorporation used. The samples were submitted to the tests proposed in the initial period and at the end of each aging cycle of 252, 504 and 1008 hours. The data were submitted to statistical analysis, using ANOVA and Tukey test with a significance level of 5%. It was found that the incorporation method and the pigments influenced the values of

absorption and solubility and dimensional stability, however no change in the detail reproduction score was found. All the results presented by this study corroborate the literature about the effectiveness, of the materials evaluated, regardless of the method of incorporation and pigment used, since they presented acceptable values of absorption and solubility and dimensional alteration, besides an excellent reproduction of details, it is possible to indicate the use of the silicones and the pigments studied for the preparation of bucomaxillofacial prostheses.

**Key-words:** Maxillofacial Prosthesis. Silicone Elastomers. Absorption. Solubility. Physical Properties.

### 4.3 Introdução

As próteses bucomaxilofaciais além de protegerem as áreas que contêm tecidos expostos e cruentos, representam, de forma bastante satisfatória, alternativa para recuperação da estética e, principalmente, da autoestima do usuário, permitindo a reintegração do indivíduo na sociedade e resultando em melhora na sua qualidade de vida<sup>1;2;3</sup>.

Dentre os materiais existentes para a confecção de próteses bucomaxilofaciais, o mais utilizado é o elastômero de silicone<sup>3; 4; 5</sup>, por apresentar boa flexibilidade, proporcionando bem-estar e conforto ao paciente, e possuir propriedades físicas importantes como textura semelhante à da pele humana, ser estável quando exposto ao calor e inerte quimicamente, repelindo água, sangue e materiais orgânicos, de forma a dificultar a colonização bacteriana. Além de ser resistente à ação da higienização, e por isso, o que mais se aproxima do ideal<sup>1;6;7</sup>.

Uma prótese adequada deve reproduzir as estruturas perdidas nos mínimos detalhes e ser imperceptível em público. Entretanto a natureza do defeito, as habilidades do protesista e os materiais de escolha limitam a beleza da prótese<sup>8</sup> e, conseqüentemente o seu uso, já que a sua principal função é a recuperação da estética.

A literatura<sup>5;9;10;11;12;13</sup> aponta que um dos principais problemas dos tratamentos protéticos maxilofaciais é a estabilidade cromática, algumas próteses chegam a despigmentar em apenas três meses de uso. Assim técnicas<sup>3; 11; 14</sup> de combate à descoloração do material têm sido relatadas na tentativa de melhorar essa dificuldade.

No entanto, é importante que a utilização de opacificadores e pigmentos não interfira negativamente em outras propriedades<sup>3;15;16</sup>, como por exemplo, na capacidade do material de absorver e solubilizar substâncias, nem na estabilidade dimensional ou



reprodução de detalhes do mesmo, visto que poderia resultar em novos problemas, como por exemplo a falta de caracterização e desadaptação da prótese.

Assim o presente estudo tem como objetivo analisar a influência da incorporação de três pigmentos na absorção e solubilidade, estabilidade dimensional e reprodução de detalhes dos silicones A2 A-2186 e Silastic MDX4-4210.

Este estudo apresenta como hipóteses nulas:

1. O método de incorporação e os pigmentos não irão influenciar os valores de absorção e solubilidade dos silicones.
2. O método de incorporação e os pigmentos não irão influenciar os valores de estabilidade dimensional dos silicones.
3. O método de incorporação e os pigmentos não irão influenciar reprodução de detalhes dos silicones.

## 4.4 Materiais e Métodos

### 4.4.1. Materiais

Os materiais utilizados para a confecção das amostras estão listados abaixo

(Quadro 4.1):

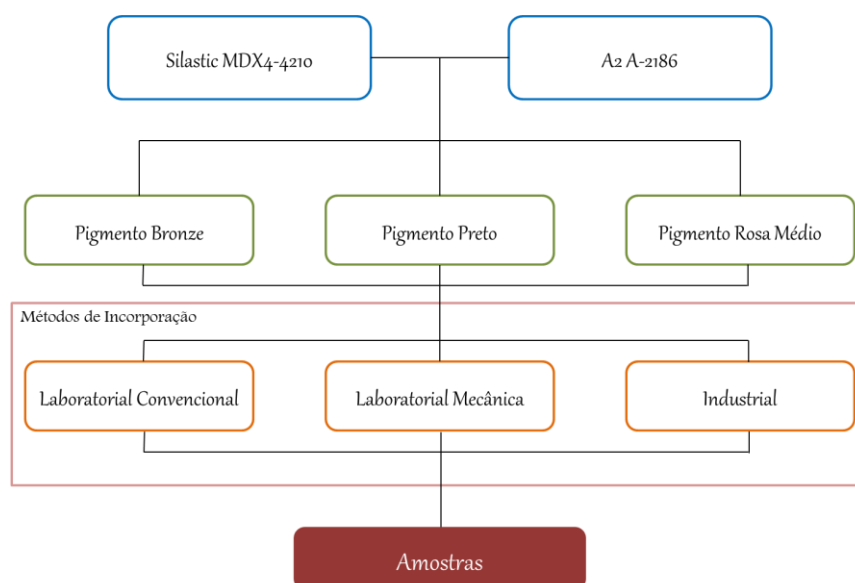
**Quadro 4.1** – Materiais utilizados para a confecção das amostras

MARCA COMERCIAL	FABRICANTE
Silicone Silastic MDX4-4210	Dow Corning Corporation Medical Products, Midland, MI, EUA
Silicone A2 A-2186	Factor II, Lakeside, AZ, EUA
Pigmento FI- Functional Intrinsic II – Silicone Coloring System Bronze (Tan FI – 215)	Factor II, Lakeside, AZ, EUA
Pigmento FI- Functional Intrinsic II – Silicone Coloring System Preto (Black FI – 205)	Factor II, Lakeside, AZ, EUA
Pigmento Rosa Médio Orbital	Orbital Colors, Birigui, SP

### 4.4.2. Métodos

Para a confecção das amostras, foram selecionados os silicones faciais A2 A-2186 e Silastic MDX4-4210, três tipos de pigmentos, sendo dois deles específicos para caracterização de próteses bucomaxilofaciais já existentes no mercado nas cores bronze e preto, e um novo pigmento na cor rosa médio, obtido a partir de cores primárias,

vermelho e amarelo, e cores de matização, branco, e sombreamento, preto (Quadro 4.1) (Figura 4.1).



**Figura 4.1.** Fluxograma de confecção das amostras

Ao todo o trabalho possui 20 grupos, distribuídos de acordo com o tipo de silicone, pigmento adicionado e método de incorporação utilizado, sendo a divisão: **Grupo 1:** Silicone A2 A-2186 (SA), **Grupo 2:** SA + Pigmento Bronze (B) + Incorporação Laboratorial Convencional (C), **Grupo 3:** SA+ B+ Incorporação Laboratorial Mecânica (M), **Grupo 4:** SA+ B+ Incorporação Industrial (I), **Grupo 5:** SA + Pigmento Preto (P) + C, **Grupo 6:** SA + P+ M, **Grupo 7:** SA+ P+ I, **Grupo 8:** SA+ Pigmento Rosa Médio (R)+ C, **Grupo 9:** SA+ R+M, **Grupo 10:** SA+ R+ I, **Grupo 11:** Silicone Silastic MDX4-4210 (SS), **Grupo 12:** SS + B + C, **Grupo 13:** SS+ B+ M, **Grupo 14:** SS+ B+ I, **Grupo 15:** SS + P + C, **Grupo 16:** SS + P+ M, **Grupo 17:** SS+ P+ I, **Grupo 18:** SS+ R+ C, **Grupo 19:** SS+ R+M, **Grupo 20:** SS+ R+ I.

As amostras foram submetidas às leituras iniciais dos testes de absorção e solubilidade, reprodução de detalhes e estabilidade dimensional e envelhecidas por 252, 504 e 1008 horas de envelhecimento acelerado, sendo que novas leituras foram realizadas ao término de cada ciclo.

### *Confecção das amostras*

Para confecção das amostras, os silicones e os pigmentos foram pesados em balança analítica digital (Adventurer, Ohaus Corporation, NJ, EUA) sendo que os pigmentos bronze e preto foram adicionados a 0,2% do peso do silicone e para a coloração rosa médio foram adicionadas de acordo com a especificação do fabricante (Branco: 0,600%; Amarelo: 0,122%; Vermelho: 0,030%; Preto: 0,006% - percentuais de acordo com o peso do silicone).

Os silicones foram manuseados de acordo com as especificações do seu respectivo fabricante e vertidos em matrizes de aço inoxidável com dimensões de acordo com o ensaio a ser realizado. Dependendo do grupo, diferentes métodos de incorporação dos pigmentos aos silicones foram realizados.

### *Métodos de incorporação*

Para incorporação laboratorial convencional, o pigmento foi misturado ao silicone sobre uma placa de vidro com o auxílio de uma espátula de aço inoxidável, até a obtenção de uma massa homogênea. Após o manuseio, o silicone foi inserido no interior da matriz e, com o auxílio de uma espátula de metal, foi feita a regularização da espessura. A matriz foi então levada à polimerizadora com pressão de 20 libras durante 20 minutos. Após este período, o silicone, contido na matriz, foi mantido com a superfície exposta ao meio ambiente por 72 horas até completa polimerização do material com a liberação do subproduto (formaldeído), conforme recomendação do fabricante. Após esse período cada amostra foi separada cuidadosamente da matriz metálica para evitar distorções.

Para incorporação laboratorial mecânica, o silicone foi misturado ao pigmento manualmente durante 15 segundos, seguida pela espatulação à vácuo (20 psi) por 30 segundos com 425 RPM, em espatuladora mecânica (Modelo 1170/97, Polidental Ind. e

Com. Ltda.). Após a espatulação, foram seguidos os mesmos passos da incorporação laboratorial convencional.

A incorporação industrial do pigmento ao silicone foi realizada na indústria Orbital Colors® (Orbital Ind. E Com. Ltda., Birigui, SP, Brasil), o pigmento foi adicionado à base do silicone por meio de uma máquina de moagem, que consistiu de três etapas. Inicialmente o pigmento foi adicionado ao silicone por meio de um dispersor em hélice, em seguida passou por um moinho tricilindro e posteriormente por um teste de controle de qualidade padrões técnicos para a garantia da qualidade de produtos industriais e científicos na Alemanha, segundo norma DIN- Deutsches Institut für Normung. Foi adicionado à base pigmentada (Figura 6) a nível laboratorial o catalisador, conforme especificações do fabricante e, então, inserido na matriz. Seguindo os passos descritos anteriormente nos outros métodos para a confecção das amostras.

### *Ensaio*

#### Absorção e Solubilidade

Para avaliação de absorção e solubilidade, foram confeccionadas 10 amostras para cada um dos grupos (n=10), com dimensões de 30 mm de diâmetro e 1 mm de espessura<sup>17</sup>;  
<sup>18</sup>.

Previamente à aplicação do teste de absorção e solubilidade, as amostras foram submetidas ao processo de dessecação, seguindo a especificação no. 12 da American Dental Association (ADA)<sup>19</sup>. Esse processo consiste na armazenagem das amostras em dessecador contendo sílica gel em ambiente provido de vácuo. As amostras permanecem nesse ambiente em estufa à temperatura de  $37\pm 2^\circ\text{C}$  (Odontobrás, São Paulo, Brasil), sendo pesadas diariamente em balança analítica digital (Adventurer, ohaus Corporation, NJ, USA), até obtenção de massa constante (W1).

As amostras foram submetidas aos ensaios de envelhecimento acelerado, sendo realizada nova pesagem (W2), e nova dessecação seguida de pesagem final (W3) ao término de cada ciclo de envelhecimento. O grau de absorção e solubilidade foi calculado por meio das fórmulas:

$$\% \text{ Absorção} = \frac{(W2-W3).100}{W1} \quad \% \text{ Solubilidade} = \frac{(W1-W3).100}{W1}$$

### Estabilidade Dimensional e Reprodução de Detalhes

Para avaliação da estabilidade dimensional e da reprodução de detalhes, foram confeccionadas 10 amostras para cada um dos grupos (n=10), com dimensões de 30 mm de diâmetro e 3 mm de espessura<sup>5; 20; 21</sup>.

Para análise da estabilidade dimensional, as amostras foram digitalizadas utilizando um scanner (Genius, Langenfeld, Nordrhein- Westfalen, Germany) com resolução de 800 dpi. Para que tenha padronização das medidas, um bloco metálico com duas linhas verticais distando 25 mm, foi escaneado juntamente com cada amostra.

As mensurações foram realizadas utilizando o software AutoCAD 2018 (R16 version N63.0, Autodesk, Inc., San Rafael, CA, USA). As imagens do escaneamento foram importadas para o software por meio de uma ferramenta de imagem Raster. Esta ferramenta permite que imagens de bitmap (criados por escaneamentos, fotos digitais, etc) sejam trabalhadas em arquivos vetoriais construídos por linhas retas. Ao delinear as linhas verticais do bloco, o software tem um parâmetro para calcular a distância real entre as linhas da amostra.

Cada amostra foi mensurada três vezes, sendo aplicada a seguinte fórmula para verificar a estabilidade dimensional:

$$\text{Estabilidade dimensional \%} = \frac{(B-A)x100}{A},$$

em que A = distância original entre as linhas do bloco (25 mm); B = distância entre as linhas da amostra. Esse cálculo foi realizado no período inicial e após o término de cada ciclo de envelhecimento acelerado.

Para análise da reprodução de detalhes, a precisão angular de três sulcos (20  $\mu\text{m}$ , 50  $\mu\text{m}$  e 75  $\mu\text{m}$  de largura) foi avaliada em cada amostra. A reprodução de detalhes foi observada sob um estereoscópio (Olympus, Tóquio, Honshu, Japão) com iluminação de baixo ângulo e com aumento de 13 $\times$ . A precisão de reprodução de detalhes nas amostras foi realizada conforme sugerido por Goiato et al<sup>22</sup>. em 2008:

- X—sem reprodução dos sulcos;
- 0—completa reprodução de dois, dos três sulcos;
- 1— completa reprodução dos três sulcos, sem precisão dos ângulos;
- 2— completa reprodução dos três sulcos, com precisão dos ângulos.

#### Envelhecimento Acelerado

Para análise das propriedades ao longo do tempo, foi realizado o envelhecimento acelerado. Para isso, as amostras foram posicionadas em uma câmara (Equilam, Diadema, SP, Brasil), para corpos não metálicos, UVB/condensação, e submetidas a períodos alternados de luz ultravioleta e condensação de água destilada saturada de oxigênio, sob as condições de calor e umidade 100%. Cada ciclo de envelhecimento é realizado por doze horas, sendo que nas primeiras oito horas incide luz ultravioleta a temperatura de  $60\pm 3^{\circ}\text{C}$  e nas quatro horas seguintes ocorre um período de condensação sem luz, com temperatura de  $45\pm 3^{\circ}\text{C}$ .

Este ensaio foi realizado por um total de 1008 horas, simulando um ano de uso clínico da prótese, havendo intervalos para leituras em 252 e 504 horas, simulando a

deterioração causada, tanto pela água da chuva como do orvalho e a energia ultravioleta da luz do Sol.

#### *Análise dos dados*

##### Análise Quantitativa

Os dados obtidos dos efeitos das análises quantitativas realizadas (absorção e solubilidade e estabilidade dimensional) foram submetidos ao teste de aderência à curva normal.

Foi aplicada análise de variância (ANOVA), para avaliar a interação de cada um dos fatores com as variáveis: material utilizado (Silicone Silastic MDX4-4210 e Silicone A2 A-2186), tipo de incorporação, pigmentos (bronze, preto e rosa) e período (antes e após o envelhecimento acelerado). Diferenças significantes foram comparadas pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha = 0,05$ ).

##### Análise qualitativa

A análise de reprodução de detalhes seguiu os escores qualitativos recomendados por Goiato *et al.*<sup>22</sup> para comparar a precisão entre os ângulos e os sulcos das amostras.



## 4.5 Resultados

### Absorção e Solubilidade

Os valores médios de Absorção são apresentados na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1.** Valores médios (desvio padrão) de absorção (%) dos silicones utilizados de acordo com o método de incorporação, pigmento e marca do silicone.

Silicone	Pigmento	Método de incorporação		
		Convencional	Mecânico	Industrial
A2 A-2186	Bronze	0,07 (0,04)	0,04 (0,02)	0,05 (0,02)
	Preto	0,06 (0,04)	0,06 (0,02)	0,04 (0,01)
	Rosa	0,05 (0,01)	0,05 (0,03)	0,07 (0,03)
MDX4 4210	Bronze	0,06 (0,03)	0,08 (0,03)	0,12 (0,05)
	Preto	0,07 (0,02)	0,06 (0,02)	0,04 (0,03)
	Rosa	0,05 (0,04)	0,12 (0,11)	0,12 (0,07)

A análise de variância (ANOVA) quatro fatores para os valores de absorção, revelou diferença estatística significativa na interação dos fatores: Método de incorporação x Pigmento ( $p=0,004$ ), Método de incorporação x Silicone ( $p=0,010$ ) e Pigmento x Silicone ( $p=0,025$ ).

Os valores de absorção dos pigmentos bronze e preto não diferiram estatisticamente com relação ao método de incorporação, no entanto o pigmento rosa apresentou menores valores de absorção com diferença estatisticamente significativa para o método convencional (Tabela 4.2). Com relação ao método de incorporação industrial foi verificada diferença estatisticamente significativa para o pigmento preto, que apresentou os menores valores em comparação aos demais pigmentos.

**Tabela 4.2.** Valores médios (desvio padrão) de absorção (%) dos silicones utilizados de acordo com o método de incorporação e o pigmento, independente da marca do silicone.

Método de incorporação	Pigmento		
	Bronze	Preto	Rosa
<b>Convencional</b>	0,06 (0,03) Aa	0,07 (0,03) Aa	0,05 (0,03) Aa
<b>Mecânico</b>	0,06 (0,03) Aa	0,06 (0,02) Aa	0,08 (0,09) Ba
<b>Industrial</b>	0,08 (0,05) Aa	0,04 (0,02) Ab	0,10 (0,06) Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ( $P < 0.05$ ) pelo teste de Tukey.

Constata-se na Tabela 4.3 que o silicone MDX4-4210 apresentou os maiores valores de absorção para os Métodos de Incorporação Mecânico e Industrial quando em comparação ao método convencional com diferença estatisticamente significativa. Na comparação entre os dois silicões, o silicone MDX4-4210 apresentou maiores valores para os métodos Mecânico e Industrial com diferença estatística significativa.

**Tabela 4.3.** Valores médios (desvio padrão) de absorção (%) dos diferentes silicões utilizados de acordo com o método de incorporação, independente do pigmento.

<b>Método de incorporação</b>	<b>Silicone</b>	
	<b>A2 A-2186</b>	<b>MDX4-4210</b>
<b>Convencional</b>	0,06 (0,03) Aa	0,06 (0,03) Aa
<b>Mecânico</b>	0,05 (0,03) Aa	0,09 (0,07) Bb
<b>Industrial</b>	0,05 (0,02) Aa	0,09 (0,06) Bb

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ( $P < 0.05$ ) pelo teste de Tukey.

A comparação entre os silicones exibiu menores valores de absorção para o silicone A2 A-2186 com os pigmentos Bronze e Rosa, com diferença estatisticamente significativa. O silicone MDX-4 4210 exibiu o menor valor de absorção para o pigmento preto com diferença estatisticamente significativa em comparação aos demais pigmentos (Tabela 4.4).

**Tabela 4.4.** Valores médios (desvio padrão) de absorção (%) dos diferentes silicones utilizados de acordo com o pigmento, independentemente do método de incorporação.

<b>Pigmento</b>	<b>Silicone</b>	
	<b>A2 A-2186</b>	<b>MDX-4 4210</b>
<b>Bronze</b>	0,05 (0,03) Aa	0,08 (0,05) Ab
<b>Preto</b>	0,06 (0,03) Aa	0,06 (0,03) Ba
<b>Rosa</b>	0,06 (0,03) Aa	0,10 (0,08) Ab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ( $P < 0.05$ ) pelo teste de Tukey.

A Análise de Variância (ANOVA) três fatores para comparação entre os períodos de envelhecimento de absorção para o método de incorporação industrial, demonstrou diferença estatisticamente significativa na interação entre os fatores: Período x Pigmento x Silicone ( $p < 0,001$ ).

É possível avaliar na Tabela 4.5 que os valores de absorção para o silicone A2 A-2186 não apresentou diferença estatística significativa entre os pigmentos Preto e Bronze para os períodos de envelhecimento, no entanto para o pigmento Rosa a comparação entre as 252 e 1008 horas diferiram estatisticamente. Para o silicone MDX-4 4210 o pigmento Preto apresentou os menores valores de absorção e não diferiu estatisticamente entre os períodos avaliados (Tabela 4.5).

**Tabela 4.5.** Valores médios (desvio padrão) de absorção (%) dos silicones que receberam incorporação industrial dos pigmentos, de acordo com o pigmento, marca do silicone e diferentes períodos de análise.

Silicone	Pigmento	Período		
		252 horas	504 horas	1008 horas
A2 A-2186	Bronze	0,05 (0,03) Aa	0,07 (0,03) Aa	0,05 (0,02) Aa
	Preto	0,03 (0,03) Aa	0,04 (0,03) Aa	0,04 (0,01) Aa
	Rosa	0,03 (0,02) Aa	0,03 (0,04) Aab	0,07 (0,03) Ab
MDX-4 4210	Bronze	0,10 (0,04) Aab	0,07 (0,03) Aa	0,12 (0,05) Ab
	Preto	0,05 (0,04) Ba	0,05 (0,05) Aa	0,04 (0,03) Ba
	Rosa	0,03 (0,03) Ba	0,14 (0,08) Bb	0,12 (0,07) Ab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna (para cada silicone individualmente) e letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Pode-se observar que os valores de solubilidade do silicone MDX-4 4210, de forma geral, apresentou menores valores de solubilidade do que o silicone A2 A-2186 (Tabela 4.6).

**Tabela 4.6.** Valores médios (desvio padrão) de solubilidade (%) dos silicones utilizados de acordo com o método de incorporação, pigmento e marca do silicone.

Silicone	Pigmento	Método de incorporação		
		Convencional	Mecânico	Industrial
A2 A-2186	Bronze	1,60 (0,87)	1,52 (0,33)	2,23 (0,85)
	Preto	1,35 (0,57)	1,75 (1,26)	2,76 (4,01)
	Rosa	1,85 (1,00)	1,31 (0,66)	1,78 (0,66)
MDX-4 4210	Bronze	1,87 (0,59)	1,66 (0,63)	0,53 (0,75)
	Preto	0,11 (0,22)	0,31 (0,21)	0,74 (0,41)
	Rosa	0,35 (0,16)	2,49 (5,28)	0,60 (0,21)

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna (para cada silicone individualmente) e letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ( $P < 0.05$ ) pelo teste de Tukey.

A análise de variância (ANOVA) três fatores para os valores de solubilidade revelaram diferença estatística significativa na interação dos fatores: Método de incorporação x Silicone ( $p=0,037$ ).

O método de incorporação não influenciou os valores de solubilidade do silicone A2 A-2186, já para o silicone MDX4-4210 o método industrial resultou em menores valores de solubilidade com diferença estatisticamente significativa em comparação ao silicone A2 A-2186 (Tabela 4.7).

**Tabela 4.7.** Valores médios (desvio padrão) de solubilidade (%) dos diferentes silicones utilizados de acordo com o método de incorporação, independente do pigmento.

Método de incorporação	Silicone	
	A2 A-2186	MDX4
<b>Convencional</b>	1,60 (0,83) Aa	0,78 (0,87) ABa
<b>Mecânico</b>	1,53 (0,84) Aa	1,49 (3,10) Aa
<b>Industrial</b>	2,26 (2,35) Aa	0,62 (0,50) Bb

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ( $P < 0.05$ ) pelo teste de Tukey.

A tabela 4.8 apresenta os valores de solubilidade para os silicone e pigmentos nos diferentes períodos.

**Tabela 4.8.** Valores médios (desvio padrão) de solubilidade (%) dos silicones que receberam incorporação industrial dos pigmentos, de acordo com o pigmento, marca do silicone e diferentes períodos de análise.

Silicone	Pigmento	Período		
		3 meses	6 meses	12 meses
A2 A	Bronze	2,00 (0,90)	2,15 (0,87)	2,23 (0,85)
	Preto	1,43 (0,34)	1,51 (0,34)	2,76 (4,01)
	Rosa	1,67 (0,66)	1,77 (0,66)	1,78 (0,66)
MDX4	Bronze	0,08 (0,61)	0,46 (0,73)	0,53 (0,75)
	Preto	0,43 (0,37)	0,66 (0,39)	0,74 (0,41)
	Rosa	0,43 (0,22)	0,46 (0,23)	0,60 (0,21)

A Análise da variância para os diferentes períodos de solubilidade, apresentou diferença estatisticamente significativa apenas para o fator silicone ( $p < 0,001$ ).

O silicone A2 A-2186 apresentou maior percentual de solubilidade quando comparado ao silicone MDX-4 4210 (Tabela 4.9)

**Tabela 4.9.** Valores percentuais médios (desvio padrão) de solubilidade dos diferentes silicones utilizados que receberam incorporação industrial dos pigmentos, independente do período e do pigmento.

Silicone	Solubilidade
A2 A-2186	1,92 (1,47) A
MDX4 4210	0,49 (0,49) B

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem ao nível de 5% de significância ( $P < 0,05$ ) pelo teste T de Student.



Estabilidade Dimensional

Com relação à estabilidade dimensional é possível afirmar que houve um aumento na diferença dos valores ao se comparar os períodos inicial e final. De forma geral o método de incorporação industrial resultou em melhor estabilidade dimensional das amostras (Tabela 4.10). Os valores negativos indicam uma diminuição da distância entre os pontos.

**Tabela 4.10.** Valores médios (desvio padrão) de estabilidade dimensional (%) dos diferentes silicões utilizados de acordo com o pigmento, método de incorporação e período de análise.

Silicone	Pigmento	Método de incorporação	Período de análise	
			Inicial	12 meses
A2 A	Bronze	Convencional	0,19 (0,02)	0,34 (0,04)
		Mecânico	0,18 (0,03)	0,31 (0,03)
		Industrial	0,15 (0,04)	0,28 (0,02)
	Preto	Convencional	0,23 (0,02)	0,34 (0,05)
		Mecânico	0,21 (0,04)	0,33 (0,04)
		Industrial	0,16 (0,05)	0,32 (0,05)
	Rosa	Convencional	0,16 (0,03)	0,27 (0,04)
		Mecânico	0,12 (0,03)	0,24 (0,03)
		Industrial	0,10 (0,03)	0,22 (0,05)
MDX4	Bronze	Convencional	0,21 (0,04)	0,35 (0,05)
		Mecânico	0,21 (0,04)	0,33 (0,04)
		Industrial	0,18 (0,04)	0,30 (0,03)
	Preto	Convencional	0,26 (0,03)	0,36 (0,04)
		Mecânico	0,24 (0,02)	0,34 (0,03)
		Industrial	0,22 (0,04)	0,37 (0,04)
	Rosa	Convencional	0,17 (0,04)	0,29 (0,03)
		Mecânico	0,16 (0,03)	0,24 (0,04)
		Industrial	0,14 (0,03)	0,26 (0,03)

A análise de variância (ANOVA) quatro fatores para os valores de estabilidade dimensional, revelou diferença estatística significativa na interação dos fatores: Período x Método de Incorporação x Pigmento ( $p= 0,011$ ).

O Envelhecimento acelerado aumentou os valores de estabilidade dimensional com diferença estatisticamente significativa. A incorporação industrial apresentou a melhor estabilidade dimensional para todos os grupos (Tabela 4.11).

**Tabela 4.11.** Valores médios (desvio padrão) de estabilidade dimensional (%) dos silicões utilizados de acordo com o pigmento, método de incorporação e período de análise, independente da marca do silicone.

PIGMENTO	Método de Incorporação	Período de análise	
		Inicial	12 meses
Bronze	Convencional	0,20 (0,03) Aa	0,34 (0,04) Ab
	Mecânico	0,20 (0,03) Aa	0,32 (0,03) Ab
	Industrial	0,16 (0,04) Ba	0,29 (0,03) Bb
Preto	Convencional	0,24 (0,03) Aa	0,36 (0,04) Ab
	Mecânico	0,22 (0,03) Aa	0,35 (0,03) Ab
	Industrial	0,19 (0,06) Ba	0,34 (0,05) Ab
Rosa	Convencional	0,16 (0,03) Aa	0,28 (0,04) Ab
	Mecânico	0,14 (0,03) Aba	0,24 (0,04) Bb
	Industrial	0,12 (0,04) Ba	0,24 (0,05) Bb

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna (para cada pigmento individualmente) e letra minúscula na linha não diferem

ao nível de 5% de significância ( $P < 0.05$ ) pelo teste de Tukey.

O envelhecimento acelerado promoveu alteração nos valores de estabilidade dimensional em todos os períodos analisados com diferença estatisticamente significativa.

O pigmento rosa apresentou os melhores valores de estabilidade dimensional para os dois silicones em todos os períodos analisados (Tabela 4.12).

**Tabela 4.12.** Valores médios (desvio padrão) de estabilidade dimensional (%) dos silicones que receberam incorporação industrial dos pigmentos, de acordo com o pigmento, marca do silicone e diferentes períodos de análise.

Silicone	Pigmento	Período			
		Inicial	3 meses	6 meses	12 meses
A2 A	Bronze	0,15 (0,04)	0,20 (0,03)	0,22 (0,02)	0,28 (0,02)
	Preto	0,16 (0,05)	0,19 (0,05)	0,25 (0,05)	0,32 (0,05)
	Rosa	0,10 (0,03)	0,14 (0,03)	0,17 (0,04)	0,22 (0,05)
MDX4	Bronze	0,18 (0,04)	0,21 (0,04)	0,24 (0,03)	0,30 (0,03)
	Preto	0,22 (0,04)	0,25 (0,05)	0,29 (0,05)	0,37 (0,04)
	Rosa	0,14 (0,03)	0,16 (0,03)	0,20 (0,03)	0,26 (0,03)

A análise de variância (ANOVA) para os valores de estabilidade dimensional revelou diferença estatisticamente significativa na interação dos fatores: Período x Pigmento ( $p=0,001$ )

Foi encontrada diferença estatisticamente significativa nos valores de estabilidade dimensional para todos os períodos. A melhor estabilidade dimensional do pigmento rosa diferiu estatisticamente dos demais pigmentos em todos os períodos analisados (Tabela 4.13).

**Tabela 4.13.** Valores percentuais médios (desvio padrão) de estabilidade dimensional (%) dos diferentes silicões utilizados que receberam incorporação industrial dos pigmentos, independente da marca do silicone.

Pigmento	Período de análise			
	Inicial	3 meses	6 meses	12 meses
<b>Bronze</b>	0,16 (0,04) Aa	0,20 (0,03) Ab	0,23 (0,03) Ac	0,29 (0,03) Ad
<b>Preto</b>	0,19 (0,06) Aa	0,22 (0,06) Ab	0,27 (0,05) Bc	0,34 (0,05) Bd
<b>Rosa</b>	0,12 (0,04) Ba	0,15 (0,03) Bb	0,19 (0,04) Cc	0,24 (0,05) Cd

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ( $P < 0,05$ )

pelo teste de Tukey.

Reprodução de detalhes

Na análise qualitativa da reprodução de detalhes todas as amostras apresentaram completa reprodução dos três sulcos, com precisão dos ângulos, sendo atribuído portanto score 2.

## 4.6 Discussão

As hipóteses nulas 1 e 2 desse estudo foram rejeitadas uma vez que o método de incorporação e os pigmentos influenciaram os valores de absorção e solubilidade e estabilidade dimensional. A hipótese nula 3 por sua vez foi aceita, já que não foi encontrada nenhuma alteração no escore de reprodução de detalhes.

A absorção é um processo físico-químico em que átomos, moléculas e íons introduzem-se em alguma outra fase<sup>24; 25</sup>, no presente estudo ocorre a fixação de um líquido por um sólido, neste caso a água advinda do envelhecimento acelerado pelo elastômero de silicone. A solubilidade por sua vez é a quantidade máxima que uma substância pode dissolver-se em um líquido<sup>26</sup>, fatores, tais como a temperatura, podem alterar essa propriedade.

Apesar de terem sido indicadas diferenças estatísticas significantes entre os diferentes grupos de silicones, pigmentos, métodos de incorporação e períodos para os testes de absorção e solubilidade, esses valores percentuais são muito baixos<sup>17</sup>. A baixa absorção e solubilidade apresentada está ligada às ótimas propriedades dos materiais elastoméricos utilizados nesse estudo, que apresentam um grande número de ligações cruzadas presentes em sua composição, reduzindo o número de porosidades, responsáveis pela penetração de água no material<sup>17</sup>.

Foi constatada diferença estatisticamente significativa para os valores de absorção entre os silicones, sendo que o silicone A2 A-2186 apresentou os menores valores. Durante a manipulação, esse silicone era mais difícil de proporcionar, homogeneizar e regularizar, por apresentar uma consistência mais pegajosa do que o Silicone MDX4-4210. Contudo essa consistência pode inibir ainda mais a entrada de ar, contribuindo também para a redução de porosidades e favorecendo a baixa absorção e solubilidade apresentada pelo material.

A estabilidade química dos materiais das próteses maxilofaciais pode ser definida pela capacidade do material de resistir à degradação, causada principalmente pela luz solar. Além disso, fatores como elasticidade e alongamento correspondem à estabilidade dimensional<sup>20; 27</sup>, esta propriedade afeta tanto o desempenho estético quanto adaptativo das próteses faciais, sendo fator primordial de análise.

Anusavice<sup>28</sup> aponta cinco fatores responsáveis por promover mudanças dimensionais em materiais elastoméricos, sendo elas contração de polimerização; liberação de subprodutos durante as reações de condensação; encolhimento térmico devido a mudanças de temperatura; absorção após exposição a água, desinfetantes ou ambientes de alta umidade por longos períodos; e recuperação de deformação elástica incompleta devido a comportamento viscoelástico<sup>5</sup>.

Todos os valores de estabilidade dimensional, exibiram uma mudança dimensional linear negativa após a sua polimerização e períodos de envelhecimento, indicando uma contração do material. Como apontado pela literatura<sup>5; 28</sup> a polimerização contínua do silicone, com liberação de formaldeído por tempo indefinido, associado às alterações de temperatura em um ambiente de elevada umidade provenientes do envelhecimento acelerado, podem ser os agentes promotores da contração apresentada.

Embora tenha havido contração nas amostras de teste de todos os grupos, eles estão dentro da descrição da especificação ADA nº19<sup>22</sup>, segundo a qual a contração não deve ser superior a 1,00% em 24 horas. No presente estudo, o maior valor médio encontrado foi de 0,34% após 1008 horas de envelhecimento acelerado, que simula o uso clínico de um ano da prótese.

Em relação à reprodução de detalhes, todos os grupos exibiram o escore 2 independentemente do método de incorporação, pigmento, silicone e período avaliado. De acordo com a classificação de Goiato et al.<sup>22</sup>, o nível 2 significa que todas as amostras

reproduziram completamente os três sulcos com ângulos precisos. Essas descobertas estão de acordo com vários autores<sup>5; 20; 21</sup> que verificaram que os silicones faciais e de impressão são capazes de reproduzir detalhes de até 20 µm de largura.

Resultados semelhantes foram encontrados por Guiotti et al.<sup>29</sup> e Haddad et al.<sup>5</sup> que avaliaram a deterioração marginal e a reprodução de detalhes, respectivamente, de elastômeros de silicone em meios que poderiam ser potencialmente mais prejudiciais do que a água, como os desinfetantes.

Os resultados apresentados por este estudo e pela literatura corroboram a efetividade dos elastômeros de silicone como materiais de eleição para confecção de próteses bucomaxilofaciais, independentemente do método de incorporação e pigmento utilizado.



## 4.7 Conclusão

Apesar das limitações de um estudo *in vitro*, pode-se concluir que os materiais avaliados no presente estudo, independentemente do método de incorporação e pigmento utilizado, apresentaram valores baixos de absorção e solubilidade e alteração dimensional, além de uma ótima reprodução de detalhes, pode-se indicar, portanto, a utilização dos silicones e pigmentos estudados para a confecção de próteses bucomaxilofaciais.

## 4.8 Referências

- 1 GOIATO, M. C. et al. Patient satisfaction with maxillofacial prosthesis. Literature review. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, v. 62, n. 2, p. 175-80, Feb 2009. ISSN 1748-6815.
- 2 KUMAR, S. et al. Nasal prosthesis for a patient with xeroderma pigmentosum. *J Pharm Bioallied Sci*, v. 5, n. Suppl 2, p. S176-8, Jul 2013. ISSN 0976-4879 (Print) 0975-7406.
- 3 NOBREGA, A. S. et al. Influence of adding nanoparticles on the hardness, tear strength, and permanent deformation of facial silicone subjected to accelerated aging. *J Prosthet Dent*, May 5 2016. ISSN 0022-3913.
- 4 HUBER, H.; STUDER, S. P. Materials and techniques in maxillofacial prosthodontic rehabilitation. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, v. 14, n. 1, p. 73-93, Feb 2002. ISSN 1042-3699 (Print)1042-3699.
- 5 HADDAD, M. F. et al. Influence of pigment and opacifier on dimensional stability and detail reproduction of maxillofacial silicone elastomer. *J Craniofac Surg*, v. 22, n. 5, p. 1612-6, Sep 2011. ISSN 1049-2275.
- 6 MANCUSO, D. N. et al. Visual evaluation of color stability after accelerated aging of pigmented and nonpigmented silicones to be used in facial prostheses. *Indian J Dent Res*, v. 20, n. 1, p. 77-80, Jan-Mar 2009. ISSN 0970-9290.
- 7 DOS SANTOS, D. M. et al. Color stability of polymers for facial prosthesis. *J Craniofac Surg*, v. 21, n. 1, p. 54-8, Jan 2010. ISSN 1049-2275.
- 8 LEMON, J. C. et al. Color stability of facial prostheses. *J Prosthet Dent*, v. 74, n. 6, p. 613-8, Dec 1995. ISSN 0022-3913 (Print)0022-3913.

- 9 DOS SANTOS, D. M. et al. Influence of pigments and opacifiers on color stability of an artificially aged facial silicone. *J Prosthodont*, v. 20, n. 3, p. 205-8, Apr 2011. ISSN 1059-941x.
- 10 HAN, Y. et al. Color stability of pigmented maxillofacial silicone elastomer: effects of nano-oxides as opacifiers. *J Dent*, v. 38 Suppl 2, p. e100-5, 2010. ISSN 0300-5712.
- 11 KIAT-AMNUAY, S. et al. Influence of pigments and opacifiers on color stability of silicone maxillofacial elastomer. *J Dent*, v. 37 Suppl 1, p. e45-50, 2009. ISSN 0300-5712.
- 12 KIAT-AMNUAY, S. et al. Interactions of pigments and opacifiers on color stability of MDX4-4210/type A maxillofacial elastomers subjected to artificial aging. *J Prosthet Dent*, v. 95, n. 3, p. 249-57, Mar 2006. ISSN 0022-3913 (Print)  
0022-3913.
- 13 KIAT-AMNUAY, S.; LEMON, J. C.; POWERS, J. M. Effect of opacifiers on color stability of pigmented maxillofacial silicone A-2186 subjected to artificial aging. *J Prosthodont*, v. 11, n. 2, p. 109-16, Jun 2002. ISSN 1059-941X (Print)  
1059-941x.
- 14 NGUYEN, C. T. et al. Effect of opacifiers and UV absorbers on pigmented maxillofacial silicone elastomer, part 2: mechanical properties after artificial aging. *J Prosthet Dent*, v. 109, n. 6, p. 402-10, Jun 2013. ISSN 0022-3913.
- 15 RAI, S. Y.; GUTTAL, S. S. Effect of intrinsic pigmentation on the tear strength and water sorption of two commercially available silicone elastomers. *J Indian Prosthodont Soc*, v. 13, n. 1, p. 30-5, Mar 2013. ISSN 0972-4052 (Print)0972-4052.

- 16 HU, X.; PAN, X.; JOHNSTON, W. M. Effects of pigments on dynamic mechanical properties of a maxillofacial prosthetic elastomer. *J Prosthet Dent*, v. 112, n. 5, p. 1298-303, Nov 2014. ISSN 0022-3913.
- 17 MANCUSO, D. N. et al. Effect of thermocycling on hardness, absorption, solubility and colour change of soft liners. *Gerodontology*, v. 29, n. 2, p. e215-9, Jun 2012. ISSN 0734-0664.
- 18 DOS SANTOS, D. M. et al. Effect of addition of pigments and opacifier on the hardness, absorption, solubility and surface degradation of facial silicone after artificial ageing. *Polym. Degrad. Stabil.*, v. 97, n. 8, p. 1249-1253, 2012. ISSN 0141-3910.
- 19 DEVICES., C. O. D. M. A.: *Journal of American Dentistry Association*. 90: 451 p. 1975.
- 20 PESQUEIRA, A. A. et al. Effect of disinfection and accelerated ageing on dimensional stability and detail reproduction of a facial silicone with nanoparticles. *J Med Eng Technol*, v. 36, n. 4, p. 217-21, May 2012. ISSN 0309-1902.
- 21 GOIATO, M. C. et al. Influence of opacifiers on dimensional stability and detail reproduction of maxillofacial silicone elastomer. *Biomed Eng Online*, v. 9, p. 85, 2010. ISSN 1475-925x.
- 22 GOIATO, M. C. et al.. Evaluation of dimensional change and detail reproduction in silicones for facial prostheses. *Acta Odontol Latinoam*, v. 21, n. 1, p. 85-8, 2008. ISSN 0326-4815 (Print)0326-4815.
- 23 DOS SANTOS, D. M. et al. Effect of addition of pigments and opacifier on the hardness, absorption, solubility and surface degradation of facial silicone after artificial ageing. . *Polymer Degradation and Stability*. 97: 1249-1253 p. 2012.

- 24 MCMURRY, J. Fundamentals of Organic Chemistry Fifth ed. [S.l.]: Agnus McDonald. 409 pages. 2003 ISBN 0534395732
- 25 MITRA, A. et al. Maxillofacial prosthetic materials- an inclination towards silicones. J Clin Diagn Res, v. 8, n. 12, p. Ze08-13, Dec 2014. ISSN 2249-782X (Print)0973-709x.
- 26 CLAYDEN, G et al.. Organic Chemistry. ed.1 ISBN 0-199-27029-5
- 27 HULTERSTROM, A. K.; BERGLUND, A.; RUYTER, I. E. Wettability, water sorption and water solubility of seven silicone elastomers used for maxillofacial prostheses. J Mater Sci Mater Med, v. 19, n. 1, p. 225-31, Jan 2008. ISSN 0957-4530 (Print)0957-4530.
- 28 K, A. Philips science of dental materials. 1998.
- 29 GUIOTTI, A. M.; GOIATO, M. C.; DOS SANTOS, D. M. Marginal deterioration of the silicone for facial prosthesis with pigments after effect of storage period and chemical disinfection. J Craniofac Surg, v. 21, n. 1, p. 142-5, Jan 2010. ISSN 1049-2275.



*Ancæos*

## ANEXO A: Normas para publicação do periódico

### *Journal of Prosthetic Dentistry.*

#### **Orientações de Submissão**

Obrigado pelo seu interesse em escrever um artigo para o *Journal of Prosthetic Dentistry*. No processo de publicação, como em odontologia, procedimentos precisos são essenciais. Sua atenção e complacência com as seguintes políticas ajudará a garantir o processamento atempado da sua submissão.

#### **Comprimento de Manuscritos**

Comprimento do manuscrito depende do tipo. Artigos de pesquisa e ciência clínicos gerais não deve exceder 10 a 12 páginas, escritos em espaço duplo (excluindo referências, legendas e tabelas). Relatórios Clínicos e Técnicas Dentárias não deve exceder 4 a 5 páginas, e conselhos dos nossos leitores não deve exceder 1 a 2 páginas. O comprimento varia de revisões sistemáticas.

#### **Número de Autores**

O número de autores é limitado a 4, inclusão *de mais de 4 deve ser justificada* na carta de submissão. (Contribuição de cada autor deve ser anotado). Caso contrário, autores acima de 4 serão listados nos agradecimentos.

#### **Formatação Geral**

Todas as submissões devem ser enviadas através do sistema de EES em Microsoft Word ou num formato compatível com Microsoft Word usando páginas de 8.5 X 11 polegadas em tamanho. As seguintes especificações deve ser seguido:

- Times Roman, 12 pt
- Espaço duplo
- Justificado à esquerda
- Margens de 1 polegada (2,5cm) em todos os lados da página
- Tabulação de meia polegada (1,25cm)
- Cabeçalhos/rodapés deve ser livre de números de páginas ou qualquer outra informação
- Referências; não deve ser numerados automaticamente (formatado).
- Defina a linguagem em MS Word para Inglês (EUA). The Journal of Prosthetic Dentistry- 5

#### **Tipos de Artigos**

Os artigos são classificados da seguinte maneira: Relatório de Pesquisa/Casos Clínicos, Relatório Clínico, Técnica Dentária, Revisão Sistemática, ou Conselhos dos Nossos Leitores. Seções necessárias para cada tipo de artigo são listados na ordem em que devem ser apresentados.

#### **RELATÓRIO DE PESQUISA/ESTUDO CLÍNICO**

O relatório da pesquisa não deve ser mais de 10-12 páginas digitadas em espaço duplo e deve ser acompanhado por não mais de 12 ilustrações de alta qualidade. Evite o uso de forma de esboço (ou seja enumerações e/ou frases ou parágrafos com marcadores). O texto deve ser escrito em frases completas e em forma de parágrafo.

□ **Abstract (Abstrato)**: (aproximadamente 250 palavras): Crie um resumo estruturado com os seguintes subseções: *Statement of the Problem* (Declaração do Problema), *Objective* (Objetivo), *Materials and Methods* (Métodos e Materiais), *Results* (Resultados) e *Conclusions* (Conclusões). O abstrato deve conter detalhes suficientes para descrever o experimento e os variáveis do projeto. O tamanho da amostra, os controles, o método de medição, standardização, confiabilidade examinador, e método estatístico utilizado com nível de significância associado deve ser descritos na seção de Materiais e Métodos. Valores reais devem ser fornecido na seção de Resultados.

□ **Clinical Implications (Implicações Clínicas)**: Em 2-4 frases, descreva o impacto dos resultados do estudo sobre prática clínica.

□ **Introduction (Introdução)**: Explique o problema completamente com precisão. Resuma a literatura relevante, e identifique qualquer viés em estudos anteriores. Declare claramente o objetivo do estudo e a hipótese da pesquisa no final da introdução. Observe que, numa profunda revisão da literatura, a maioria das referências (se não todas) devem ser citadas na seção Materiais e Métodos e/ou na Introdução.

□ **Materials and Methods (Materiais e Métodos)**: No parágrafo inicial, forneça uma visão geral do experimento. Forneça informações completas de todos os produtos de fabricação e instrumentos utilizados, entre parênteses ou em uma tabela. Descreva o que foi medido, como foi medido, e as unidades de medida utilizadas. Liste os critérios para julgamento quantitativo. Descreva o designo experimental e variáveis, incluindo critérios definidos para controlar variáveis, standardizar os testes, a alocação de espécimes/sujeitos a grupos (método de randomização), o tamanho total da amostra, controles, calibração dos examinadores, e confiabilidade de instrumentos e examinadores. Descreva como o tamanho das amostras foi determinada (por exemplo, com a análise de força (*power analysis*)). Evite o uso de números para identificar grupos. Em vez, use abreviações ou códigos que claramente indicaram as características do grupo e assim, os grupos serão mais significativo para o leitor. Os testes estatísticos e níveis de significância associado devem ser descrito no final desta seção.

□ **Results (Resultados)**: Descreva com precisão e brevemente, na mesma ordem que os testes foram descritos na seção de Materiais e Métodos. Para uma listagem extensa, os dados poderão ser apresentados em forma tabular ou forma gráfica para ajudar o leitor. Para *1-way ANOVA* apresente *df*, e valores de *F* e *P* nas áreas apropriada no texto. Para todas as outras *ANOVAs*, de acordo com as orientações, forneça a tabela ANOVA. Descreva os resultados e as tendências mais significativas. Texto, tabelas e figuras não devem repetir ao outro. Resultados notados como significativos devem ser validados por dados atuais e valores *P*.  
The Journal of Prosthetic Dentistry- 6

□ **Discussion (Discussão)**: Discuta os resultados do estudo, em relação à hipótese e a relevante literatura. A discussão deve começar por explicar se sim ou não há suporte a rejeitar a hipótese nula. Se os resultados não concordam com outros estudos e/ou com opiniões aceites, declare como, e porquê os resultados são diferentes. Resultados concordantes com outros estudos também devem ser declarados. Identifique as limitações do seu estudo e sugere pesquisas futuras.

□ **Conclusion (Conclusão)**: Liste concisamente conclusões da pesquisa que possam ser retiradas do seu estudo, não simplesmente reafirmar os resultados. As conclusões devem ser pertinentes aos objetivos e



justificado pelos dados. Na maioria das situações, as conclusões são só verdade para a população do experimento. Todas as conclusões devem ser acompanhadas por análises estatísticas

- **References (Referências):** Consulte a página 9 para obter mais orientações, página 22 para amostras.
- **Tables (Tabelas):** Construir tabelas de acordo com as orientações na página 11.
- **Legends for Illustrations (Legendas para as Ilustrações):** Descreva de forma concisa cada ilustração sem diretamente duplicar o texto. Consulte a página 13 para obter mais orientações; página 23 para a página de amostra de legendas.

## RELATÓRIO CLÍNICO

O relatório clínico descreve os métodos do autor para cumprir um tratamento difícil dum paciente; não deve ser mais de 4 a 5 páginas, espaço duplo, e deve ser acompanhado por não mais do que 8 ilustrações de alta qualidade. Em algumas situações, o editor pode aprovar a publicação de figuras adicionais se contribuírem significativamente ao manuscrito.

- **Abstract (Abstrato):** Forneça um curto abstrato, sem estrutura, num parágrafo que brevemente resume o problema encontrado e tratamento administrado.
- **Introduction (Introdução):** Resuma a literatura relevante para o problema encontrado, incluindo referências de tratamentos e protocolos padrão. Por favor note que a maioria das referências, se não todas, devem ser citadas na introdução e/ou na seção Relatório Clínico.
- **Clinical Report (Relatório Clínico):** Descreva o paciente, o problema com o qual ele/ela apresentou, e qualquer história médica ou odontológica relevante. Descreva as várias opções de tratamento e as razões para tratamento escolhido. Descreva completamente o tratamento, a duração do período de acompanhamento, e melhorias notáveis resultado do tratamento. Esta seção deve ser escrito no passado e em forma de parágrafo.
- **Discussion (Discussão):** Comente sobre as vantagens e desvantagens do tratamento escolhido e descreva qualquer contraindicações do tratamento. Se o texto torna repetitivo, omita a discussão.
- **Summary (Sumário):** Resume brevemente o tratamento do paciente.
- **References (Referências):** Selecione e escreva referências bibliográficas de acordo com as orientações da página 10.
- **Legends for illustrations (Legendas para as ilustrações):** Descreva de forma concisa cada ilustração sem diretamente duplicar o texto principal.

## TÉCNICA DENTÁRIA

Um artigo sobre uma técnica dentária deve ser apresentada num formato de passo-a-passo, um procedimento único, útil para profissionais de odontologia. Não deve ser mais de 4 a 5 páginas digitadas, em espaço duplo, e ser acompanhado por não mais de 8 ilustrações de alta qualidade. Em algumas The Journal of Prosthetic Dentistry- 7

situações, o Editor poderá aprovar a publicação de imagens adicionais se contribuírem significativamente ao manuscrito.

□ **Abstract (Abstrato):** Forneça um curto abstrato, sem estrutura, de um parágrafo que brevemente resuma a técnica apresentada.

□ **Introduction (Introdução):** Resume a literatura relevante. Inclua referências a métodos e protocolos estandardizados. Por favor note que a maioria das referências, se não todas, devem ser citadas na Introdução e/ou seção Técnica .

□ **Technique (Técnica):** Num formato enumerado, passo-a-passo, descreva cada passo da técnica. O texto deve ser escrito em forma ativa, em vez de forma passiva (por exemplo, “Survey the diagnostic cast” em vez de “The diagnostic cast was surveyed.”) Inclua referências para as ilustrações acompanhadas.

□ **Discussion (Discussão):** Comente sobre as vantagens e desvantagens da técnica, as situações onde possam ser aplicadas, e descreva qualquer contraindicações da sua técnica. Evite alegações excessivas de eficácia. Se o texto torna-se repetitivo, omita a discussão.

□ **Summary (Sumário):** Resume brevemente a técnica apresentada e suas vantagens principais.

□ **References (Referências):** Selecione e escreva referências bibliográficas de acordo com as orientações da página 12.

□ **Legends for illustrations (Legendas para as ilustrações):** Descreva de forma concisa cada ilustração sem diretamente duplicar o texto principal.

## REVISÃO SISTEMÁTICA

O autor é aconselhado a desenvolver uma revisão sistemática no estilo e formato Cochrane. O Jornal esta transacionando de revisões de literatura para revisões sistemáticas. Para mais informações sobre revisões sistemáticas, consulte [www.cochrane.org](http://www.cochrane.org).

Um exemplo duma revisão sistemática:

Torabinejad M, Anderson P, Bader J, Brown LJ, Chen LH, Goodacre CJ, Kattadiyil MT, Kutsenko D, Lozada J, Patel R, Petersen F, Puterman I, White SN. Outcomes of root canal treatment and restoration, implant-supported single crowns, fixed partial dentures, and extraction without replacement: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2007 Oct; 98(4):285-311.

A revisão sistemática consiste de:

- 1) Um abstrato – Um resumo usando um formato estruturado (Declaração do Problema, Objetivo, Material e Métodos e Materiais, Resultados, Conclusões).
- 2) Revisão do texto- Composta por uma introdução (estado da questão e objetivo), os métodos (Critérios de seleção, métodos de pesquisa, coleta e análise dos dados), resultados (descrição dos estudos, qualidade metodológica e análise dos resultados), discussão, conclusões dos autores, agradecimentos, e conflitos de interesse. As referências devem ser *avaliadas por pares* e seguindo o formato JPD (página 11).
- 3) As tabelas e figuras, se necessárias-- mostrando características dos estudos incluídos, especificação das intervenções em comparação, os resultados dos estudos incluídos, um registro dos estudos que foram excluídos e tabelas adicionais e números relevantes para a revisão. *The Journal of Prosthetic Dentistry*- 8

## Instruções de Formato

### CONSELHOS DOS NOSSO LEITORES

Conselhos dos nossos leitores são breves relatórios sobre procedimentos úteis ou que economizam tempo. Devem ser limitado a 2 autores, não mais do que 250 palavras, e incluem não mais de 2 ilustrações de alta qualidade. Descreva o procedimento num formato numerado de passo-a-passo, escreva o texto em forma ativa, em vez de forma passiva (por exemplo, “Survey the diagnostic cast” em vez de “The diagnostic cast was surveyed.”)

#### ARRANJO da PRIMEIRA PÁGINA – Página Título (*Title Page*)

Por favor, veja o exemplo da página título no Apêndice I (página 19).

**Título:** O título deve definir a ideia do estudo, o conteúdo do estudo, e significado clínico. Utilize letra maiúscula apenas na primeira letra da primeira palavra. Não sublinhar o título. Abreviaturas ou nomes comerciais não deve ser usado no título. Palavras como ‘*new*’, ‘*novel*’, ou ‘*simple*’ não são recomendados para o título.

**Autores:** Diretamente sobre o título, escreva os nomes e títulos dos autores. Liste somente os graus acadêmicos. Por favor não use denominações de associações.

**Instituições:** Diretamente sobre os nomes dos autores, escreva a afiliação institucional e as cidades, estados ou países (se não os Estados Unidos) em que estas instituições são localizadas. Se necessário, inclua a tradução do nome da instituição. Se os autores não são afiliados com uma instituição, por favor, liste a cidade, estado ou país (se não os Estados Unidos), em que os autores vivem.

**Apresentação/informações de suporte financeiro e títulos:** Se a pesquisa foi apresentada antes numa reunião, escreva o nome da organização, o local, e data da reunião. Se o trabalho foi apoiado por uma bolsa de estudo ou qualquer outro tipo de financiamento, forneça o nome da organização de suporte e o número de concessão. Liste os títulos acadêmicos (por exemplo, *Assistant Professor*) e afiliações departamental de todos os autores.

**Informações de contato:** Liste o endereço para correspondência, telefone comercial, número de fax, e e-mail do autor onde receberá a correspondência.

### ABSTRATO

O abstrato deve ser escrito numa página separada do texto principal.

O abstrato não deve incluir abreviaturas ou informações de fabricação.

The Journal of Prosthetic Dentistry- 9

### TEXTOS PRINCIPAL

#### Cabeçalhos

Os cabeçalhos devem contribuir a clareza do artigo e mudança de uma seção para outra (por exemplo, da discussão para conclusões).

O uso de subtítulos podem ser apropriados para seção de Materiais e Métodos, mas é geralmente desencorajado nos Resultados e Discussão.

□ Todos os cabeçalhos devem ser alinhados com a margem esquerda. Cabeçalhos principais (por exemplo, “*MATERIALS AND METHODS*”) devem ser escrito em letras maiúsculas, subtítulos (por exemplo, “Specimen preparation” deve ser escrito com a primeira letra maiúscula e o restante da frase em letras minúsculas.)

#### Informações de identificação de produto e sua manufatura

□ Descreva produtos em termos genéricos. Imediatamente após a palavra, forneça as seguintes informações em parênteses: nome do produto e do fabricante; por exemplo: “*The impression was poured in Type IV stone (Denstone; Heraeus Kulzer) and related to each other with a fastsetting vinyl polysiloxane occlusal registration material (Correct VPS Bite Registration; Jeneric/Pentron, Inc).*” Por favor, note que há um ponto e vírgula após o nome do produto. Nós já não exigimos a cidade e estado/País para cada fabricante que esta informação muda com tempo e é fácil de encontrar na rede.

□ Não use símbolos de marca registrada, não são consistentes com estilo do Jornal.

□ Use nomes de medicamentos genéricos; os nomes comerciais podem ser mencionados em parênteses na primeira menção.

#### Abreviaturas

□ Se abreviaturas foram utilizadas, forneça a forma expandida na primeira menção e abreviar daí em diante, por exemplo, “*fixed dental prosthesis (FDP)*”.

#### Referências

##### Referências aceitáveis e a sua colocação no documento

□ A maioria das referências, se não todas, devem ser citada na introdução e/ou na seção de Materiais e Métodos. Apenas aquelas referências que foram citadas anteriormente ou que se relacionam diretamente aos resultados do estudo podem ser citados na discussão.

□ Só os artigos publicados que foram revisados por pares podem ser usado como referência. Manuscritos em preparação, manuscritos submetidos para consideração e teses não publicadas não são referências aceitáveis.

□ Os abstratos são considerados observações não publicadas e não são permitidos como referência a não ser que estudos de acompanhamento foram publicados em revistas revisadas por pares.

□ **A referência de publicações em língua estrangeira devem ser mantidas a um mínimo (não mais que 3). Estas referências são permitidas apenas quando o artigo original foi traduzido para Inglês.** O título traduzido deve ser citado e a língua original deve ser mencionada entre parênteses na citação ao final.

□ Referências de livros didáticos devem ser mantidas a um mínimo; livros didáticos muitas vezes refletem as opiniões dos seus autores e/ou editores. Quando necessário, as edições mais recentes

The Journal of Prosthetic Dentistry- 10

dos livros didáticos devem ser utilizadas de preferência. Periódicos baseados em evidência científica são preferidos.

## Formatação de Referências

- As referências devem ser identificadas no corpo do artigo, com números arábicos sobrescritos. O número da referência deve ser posto após o período no final da frase.
- A lista das referências completa deve ser em espaço duplo e em ordem numérica, deve seguir a seção de conclusões mas começar numa página separada. Apenas as referências citadas no texto devem aparecer na lista das referências.
- Formatação das referências devem acordar com o estilo **Vancouver**, conforme estabelecido no "Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals" (Ann Intern Med 1997;126:36-47).
- As referências devem ser numeradas manualmente.
- Liste até seis autores. Se houver sete ou mais, após o sexto nome, adicione *et al.*
- Nome do jornal será abreviado de acordo com **Cumulative Index Medicus**. Uma lista completa de abreviaturas está disponível através do site do PubMed: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>
- Formato para artigos: forneça os sobrenomes e iniciais de todos os autores, o título do artigo, o nome do periódico; e, o ano, volume e números das página de publicação. Não utilize itálico, letras realçadas ou sublinhadas para qualquer parte da referência. Coloque um período após os iniciais do último autor, após o título do artigo, e no final da referência. Coloque um ponto e vírgula após o ano de publicação e uma vírgula após o volume. Números de emissão não são usado em estilo **Vancouver**.

Exemplo: Jones ER, Smith IM, Doe JQ. Uses of acrylic resin. J Prosthet Dent 1985; 53:120-9.

- Referências dos livros: A edição mais atual deve ser citada. Forneça os nomes e iniciais de todos os autores/editores, o título do livro, a cidade de publicação, a editora, o ano de publicação e os números das página consultadas. Não use itálico, letras realçadas ou sublinhadas para qualquer parte da referência.

Exemplo: Zarb GA, Carlsson GE, Bolender CL. Boucher's prosthodontic treatment for edentulous patients. 11th ed. St. Louis: Mosby; 1997. p. 112-23.

\*Um exemplo numa página de referências pode ser encontrado na página 21.

## IMPORTANTE

As referências não devem ser submetidas em Endnote ou de qualquer outro software bibliográfico. Essa formatação não pode ser editado pela Oficina Editorial ou revisores, e devem ser suprimidos ou removidos do manuscrito antes de sua submissão. As referências nem devem ser numerados automaticamente.

## TABELAS

- As tabelas devem complementar, e não duplicar, o texto.

The Journal of Prosthetic Dentistry- 11

- Todas as tabelas devem ser postas no final do manuscrito, após a lista de referências e antes das Legendas. Deve haver apenas uma tabela por página. Omita linhas horizontais e verticais. Omita qualquer sombreado ou cor.
- Não liste as tabelas em partes (por exemplo, Tables Ia, Ib, *etc.*) Cada tabela deve ter o seu próprio número. Numerar cada tabela na ordem em que são mencionadas no texto.

- Forneça uma legenda concisa que descreve o conteúdo da tabela. Crie nomes para cabeçalhos e coluna descritivos. Dentro de colunas, alinhar os dados de tal forma que os pontos decimais estão numa linha reta. Use pontos decimais (períodos), e não vírgulas, para marcar lugares passado o número inteiro (por exemplo, 3.5 em vez de 3,5).
- Numa linha de baixo da tabela, defina qualquer abreviaturas utilizadas na tabela.
- Se uma tabela (ou qualquer dado dentro dela) foi publicado anteriormente; dê todo o crédito ao autor original no rodapé. Se necessário, obtenha permissão para reimprimir a tabela do autor /editor.
- As tabelas devem ser submetidas em *Microsoft Word* ou formato compatível. *Microsoft Word* é preferido. Se uma tabela foi criada em *Excel*, deve ser importados para um dos formatos referidos acima antes de submissão.

## ANEXO B: Ilustrações das metodologias



Figura 1. Silicone A2 A-2186



Figura 2. Silicone MDX1-4210



Figura 3. Pigmentos



Figura 4: Balança analítica digital utilizada na pesagem dos materiais.



Figura 5. Espatuladora a vácuo

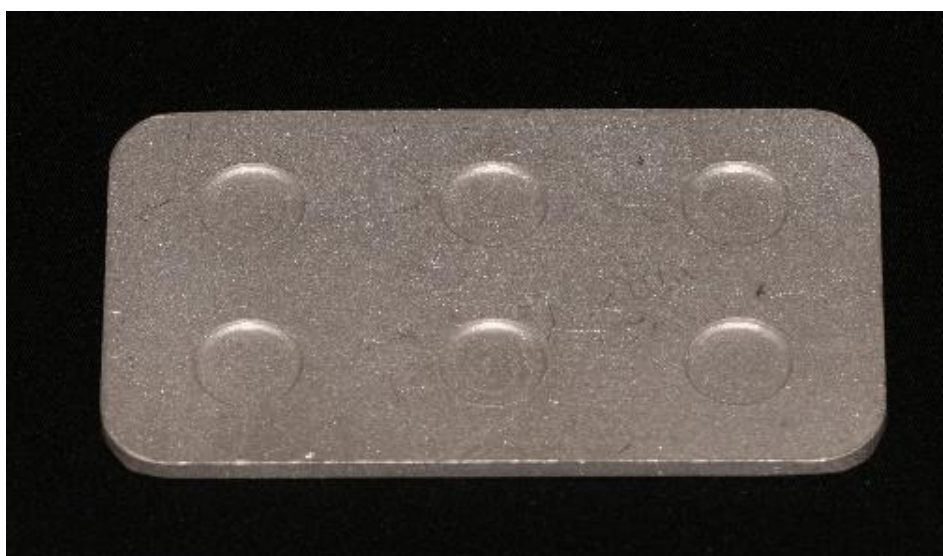


Figura 6. Exemplo de matriz confeccionada em aço inoxidável para confecção das amostras

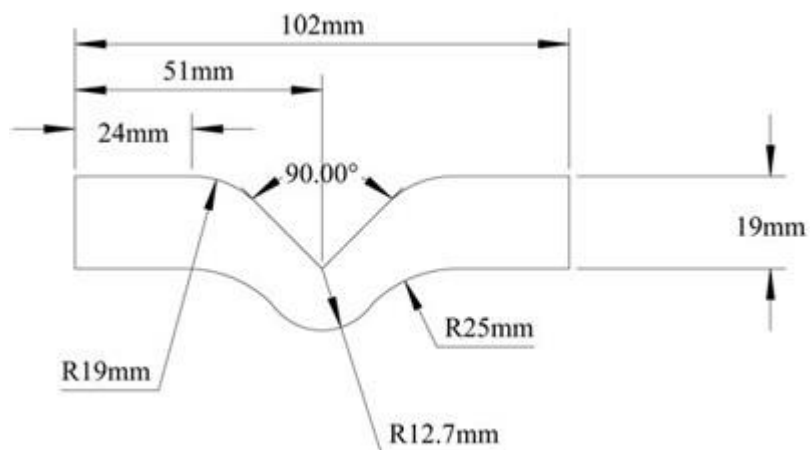


Figura 7. Dimensões da matriz para confecção das amostras para o teste de resistência à ruptura.

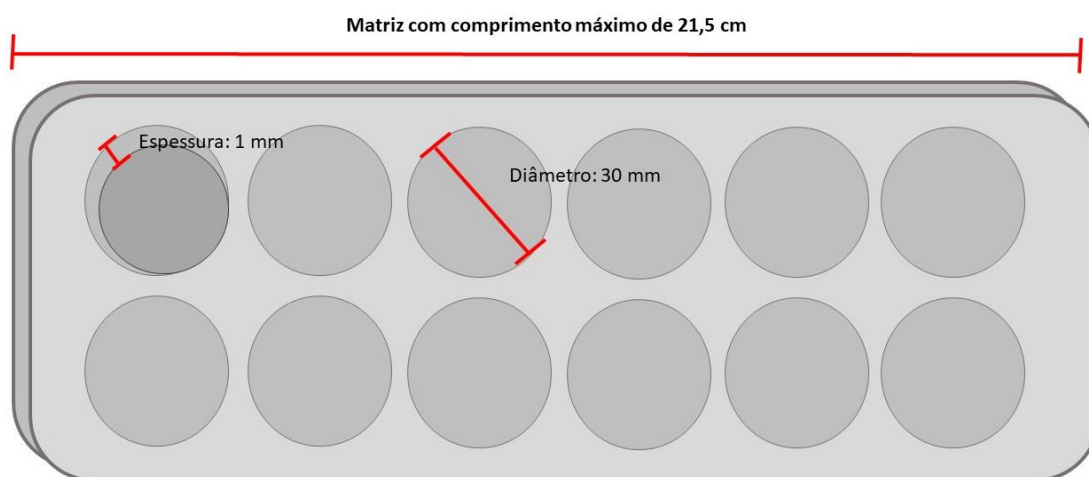


Figura 8. Dimensões da matriz para confecção das amostras para o teste de absorção e solubilidade.

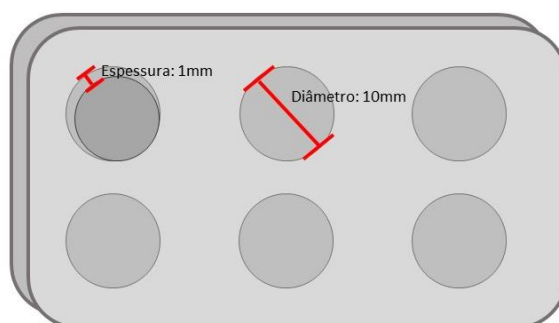


Figura 9. Dimensões da matriz para confecção das amostras para o teste de citotoxicidade.



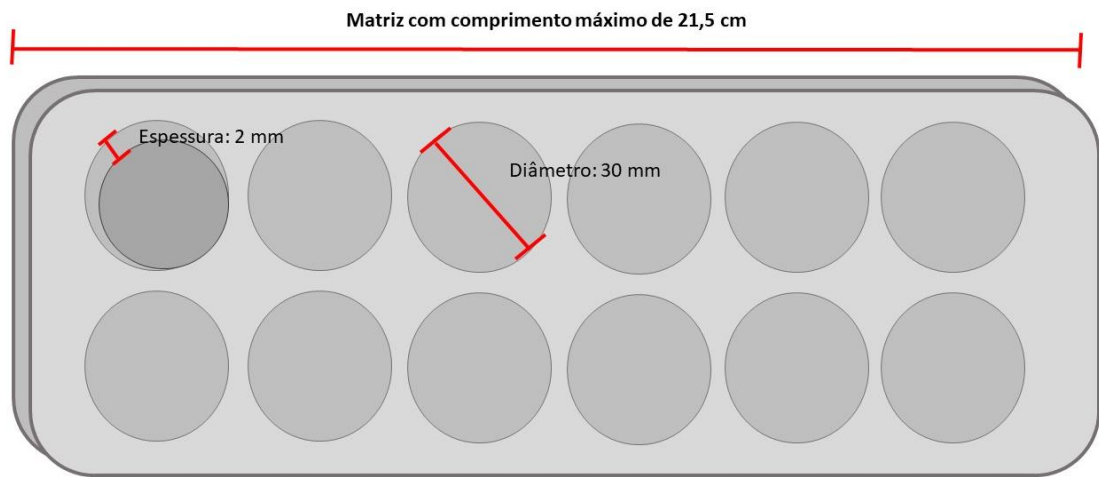


Figura 10. Dimensões da matriz para confecção das amostras para o teste de estabilidade cromática.

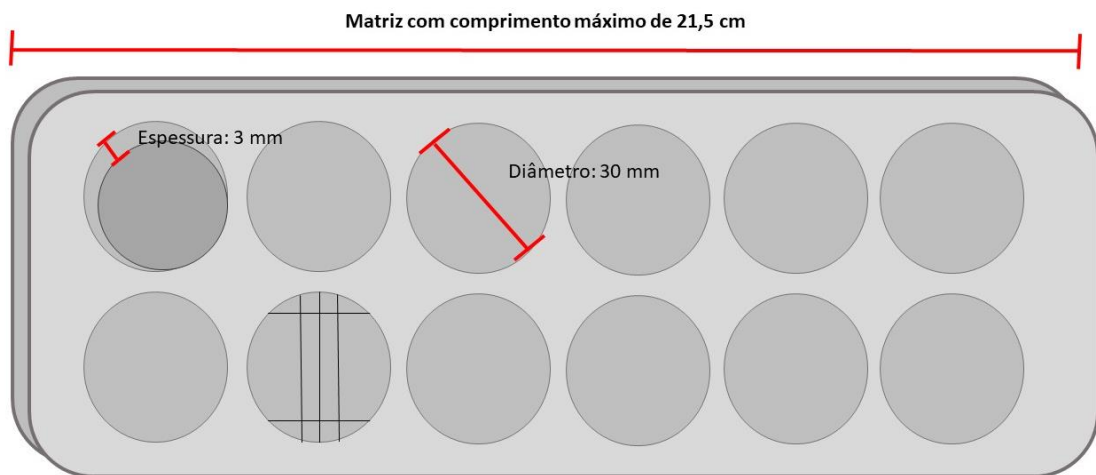


Figura 11. Dimensões da matriz para confecção das amostras para o teste de estabilidade dimensional.



Figura 12. Exemplo de amostras fixadas nas placas para realização do Ensaio de Envelhecimento Acelerado.

### ANEXO 3: Tabelas não incluídas nos artigos

#### Capítulo 2.

Tabela C.2.1. Análise de Variância (ANOVA) três fatores para alteração de cor ( $\Delta E$ ) dos silicones utilizados.

Fatores de Variação	SS	df	MS	F	P
Método de incorporação	21,727	2	10,863	95,452	<0,001*
Pigmento	47,503	2	23,752	208,694	<0,001*
Silicone	5,632	1	5,632	49,484	<0,001*
Método de incorporação x Pigmento	2,478	4	0,619	5,443	<0,001*
Método de incorporação x Silicone	0,823	2	0,411	3,614	0,029*
Pigmento x Silicone	10,370	2	5,185	45,559	<0,001*
Método de incorporação x Pigmento x Silicone	1,060	4	0,265	2,328	0,058
Erro	18,437	162	0,114		
Total	577,015	180			

\* $P < 0.05$  denota diferença estatística significativa.

Tabela C.2.2. Análise de Variância (ANOVA) medidas repetidas três fatores para alteração de cor ( $\Delta E$ ) dos silicones que receberam incorporação industrial dos pigmentos.

<b>Fatores de Variação</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Pigmento	12,560	2	6,280	219,900	<0,001*
Silicone	0,553	1	0,553	19,371	<0,001*
Pigmento x Silicone	1,820	2	0,910	31,872	<0,001*
Entre amostras	1,542	54	0,029		
Período	21,546	2	10,773	685,986	<0,001*
Período x Pigmento	4,824	4	1,206	76,790	<0,001*
Período x Silicone	3,150	2	1,575	100,289	<0,001*
Período x Pigmento x Silicone	1,265	4	0,316	20,140	<0,001*
Intra amostras	1,696	108	0,016		

\* $P < 0.05$  denota diferença estatística significativa.

### Capítulo 3.

Tabela C.3.1. Análise de Variância (ANOVA) três fatores para absorção dos silicones utilizados.

<b>Fatores de Variação</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Método de incorporação	0,006	2	0,003	1,771	0,173
Pigmento	0,013	2	0,006	3,484	0,033*
Silicone	0,025	1	0,025	13,838	<0,001*
Método de incorporação x Pigmento	0,029	4	0,007	3,986	0,004*
Método de incorporação x Silicone	0,017	2	0,008	4,728	0,010*
Pigmento x Silicone	0,014	2	0,007	3,779	0,025*
Método de incorporação x Pigmento x Silicone	0,016	4	0,004	2,224	0,069
Erro	0,291	162	0,002		
Total	1,251	180			

\* $P < 0.05$  denota diferença estatística significativa.

Tabela C.3.2. Análise de Variância (ANOVA) medidas repetidas três fatores para absorção dos silicones que receberam incorporação industrial dos pigmentos.

<b>Fatores de Variação</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Pigmento	0,058	2	0,029	8,417	0,001*
Silicone	0,092	1	0,092	26,930	<0,001*
Pigmento x Silicone	0,051	2	0,025	7,373	0,001*
Entre amostras	0,185	54	0,003		
Período	0,040	2	0,020	7,633	0,001*
Período x Pigmento	0,075	4	0,019	7,194	<0,001*
Período x Silicone	0,018	2	0,009	3,495	0,034*
Período x Pigmento x Silicone	0,118	4	0,030	11,325	<0,001*
Intra amostras	0,282	108	0,003		

\* $P < 0.05$  denota diferença estatística significante.

Tabela C.3.3 Análise de Variância (ANOVA) três fatores para solubilidade dos silicones utilizados.

<b>Fatores de Variação</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Método de incorporação	3,423	2	1,711	0,604	0,548
Pigmento	4,790	2	2,395	0,846	0,431
Silicone	31,160	1	31,160	11,002	0,001*
Método de incorporação x Pigmento	16,592	4	4,148	1,465	0,215
Método de incorporação x Silicone	19,012	2	9,506	3,356	0,037*
Pigmento x Silicone	12,139	2	6,070	2,143	0,121
Método de incorporação x Pigmento x Silicone	16,126	4	4,032	1,423	0,229
Erro	458,841	162	2,832		
Total	905,010	180			

\* $P < 0.05$  denota diferença estatística significativa.

Tabela C.3.4. Análise de Variância (ANOVA) medidas repetidas três fatores para solubilidade dos silicones que receberam incorporação industrial dos pigmentos.

<b>Fatores de Variação</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Pigmento	0,684	2	0,342	0,171	0,843
Silicone	92,453	1	92,453	46,292	<0,001*
Pigmento x Silicone	2,568	2	1,284	0,643	0,530
Entre amostras	107,848	54	1,997		
Período	5,794	2	2,897	3,468	0,035
Período x Pigmento	3,276	4	0,819	0,980	0,421
Período x Silicone	0,983	2	0,492	0,589	0,557
Período x Pigmento x Silicone	3,322	4	0,831	0,994	0,414
Intra amostras	90,214	108	0,835		

\* $P < 0.05$  denota diferença estatística significativa.

Tabela C.3.5. Análise de Variância (ANOVA) medidas repetidas quatro fatores para estabilidade dimensional dos silicones utilizados.

<b>Fatores de Variação</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Método de incorporação	0,104	2	0,052	25,798	<0,001*
Pigmento	0,432	2	0,216	107,056	<0,001*
Silicone	0,063	1	0,063	31,169	<0,001*
Método de incorporação x Pigmento	0,007	4	0,002	0,865	0,486
Método de incorporação x Silicone	0,011	2	0,005	2,723	0,069
Pigmento x Silicone	0,001	2	0,000	0,213	0,808
Método de incorporação x Pigmento x Silicone	0,004	4	0,001	0,511	0,728
Entre amostras	0,327	162	0,002		
Período	1,340	1	1,340	1715,755	<0,001*
Período x Método de incorporação	0,007	2	0,004	4,662	0,011*
Período x Pigmento	0,008	2	0,004	4,970	0,008*
Período x Silicone	0,001	1	0,001	1,645	0,201
Período x Método de incorporação x Pigmento	0,011	4	0,003	3,381	0,011*
Período x Método de incorporação x Silicone	0,001	2	0,001	0,928	0,397
Período x Pigmento x Silicone	0,000	2	0,00008	0,108	0,898
Período x Método de incorporação x Pigmento x Silicone	0,001	4	0,000	0,211	0,932
Intra amostras	0,126	162	0,001		

\* $P < 0.05$  denota diferença estatística significante.



Tabela C.3.6. Análise de Variância (ANOVA) medidas repetidas três fatores para estabilidade dimensional dos silicones que receberam incorporação industrial dos pigmentos.

<b>Fatores de Variação</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Pigmento	0,262	2	0,131	29,498	<0,001*
Silicone	0,079	1	0,079	17,860	<0,001*
Pigmento x Silicone	0,010	2	0,005	1,102	0,340
Entre amostras	0,239	54	0,004		
Período	0,577	3	0,192	355,252	<0,001*
Período x Pigmento	0,013	6	0,002	3,944	0,001*
Período x Silicone	0,002	3	0,001	1,293	0,279
Período x Pigmento x Silicone	0,002	6	0,000	0,702	0,649
Intra amostras	0,088	162	0,001		

\* $P < 0.05$  denota diferença estatística significativa.