

Dispositivo para Transporte Neonatal com Propriedades Antimicrobianas

Neonatal Transportation Device with Antimicrobial Properties

Dispositivo de Transporte Neonatal con Propiedades Antimicrobianas

Recebido: 28/06/2022 | Revisado: 14/07/2022 | Aceito: 16/07/2022 | Publicado: 23/07/2022

Camila Melo Gadelha Pereira Diniz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2480-839X>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: camilamgpd@gmail.com

Jackeline Nascimento Apolori Tissiani

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3255-7594>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: apolori@hotmail.com

Wladymyr Jefferson Bacalhau Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3931-8265>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: wladymyrjb@gmail.com

Rossemberg Cardoso Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8551-5251>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: rcbvet@gmail.com

Josué da Silva Buriti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3207-2781>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: josue.buriti@ufr.edu.br

Maria Eduarda Vasconcelos Barreto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2319-7371>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: eng.mariaeduardavb@gmail.com

Marcus Vinícius Lia Fook

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8566-920X>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: marcus.liafook@certbio.ufcg.edu.br

Resumo

O transporte de recém-nascidos implica a garantia de um manejo seguro, confortável e livre de contaminações, tendo em vista o maior risco de contato do bebê com agentes patológicos no ambiente hospitalar. Considerando a capacidade antimicrobiana da quitosana e a possibilidade de depositá-la sobre tecidos, este trabalho se propôs a desenvolver um sistema de transporte neonatal para recém-nascido de risco habitual (Baby-Bag) impregnado com este polímero. Partindo-se do briefing, foram desenvolvidos desenhos a mão e em softwares de manipulação de imagem para melhor expressão dos conceitos sugeridos, seguindo-se a renderização 3D da Baby-Bag. As amostras foram produzidas em malha do tipo Ribana (200g/m²). Para impregnação da quitosana utilizou-se o método de jateamento, com soluções do polímero em diferentes concentrações (0,5; 1 e 2 %), seguindo-se a etapa de neutralização. Em seguida, as malhas foram caracterizadas por Microscopia Ótica (MO), Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Resistência a Tração, Atividade Antimicrobiana e Citotoxicidade. As técnicas de MO e FTIR indicaram um desprendimento/perda parcial da impregnação da quitosana durante os processos de lavagem e secagem, enquanto o ensaio mecânico indicou que a incorporação da quitosana elevou o módulo elástico dos tecidos. De acordo com os resultados biológicos pode-se afirmar que o material é atóxico e possui atividade antimicrobiana gram-positiva (*Staphylococcus aureus*) e gram-negativa (*Escherichia coli*). Desta forma, pode-se concluir que o sistema de transporte neonatal para recém-nascido apresenta potencialidades para ser utilizado como transporte seguro materno infantil.

Palavras-chave: Transporte neonatal; Quitosana; Atividade antimicrobiana.

Abstract

The transport of newborns implies the guarantee of a safe, comfortable and contamination-free handling, in view of the greater risk of contact of the baby with pathological agents in the hospital environment. Considering the antimicrobial capacity of chitosan and the possibility of depositing it on tissues, this work aimed to develop a neonatal transport system for newborns at normal risk (Baby-Bag) impregnated with this polymer. Starting from the briefing, hand drawings and image manipulation software were developed to better express the suggested concepts, followed

by the 3D rendering of Baby-Bag. The samples were produced in Ribana type mesh (200g/m²). For chitosan impregnation, the blasting method was used, with polymer solutions at different concentrations (0.5; 1 and 2 %), followed by neutralization. Then, the meshes were characterized by Optical Microscopy (OM), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Tensile Strength, Antimicrobial Activity and Cytotoxicity. The MO and FTIR techniques indicated a partial detachment/loss of the chitosan impregnation during the washing and drying processes, while the mechanical test indicated that the chitosan incorporation increased the elastic modulus of the fabrics. According to the biological results, it can be stated that the material is non-toxic and has gram-positive (*Staphylococcus aureus*) and gram-negative (*Escherichia coli*) antimicrobial activity. Thus, it can be concluded that the neonatal transport system for newborns has the potential to be used as safe maternal and child transport.

Keywords: Neonatal transportation; Chitosan; Antimicrobial activity.

Resumen

El transporte de recién nacidos implica la garantía de un manejo seguro, cómodo y libre de contaminación, ante el mayor riesgo de contacto del bebé con agentes patológicos en el ambiente hospitalario. Considerando la capacidad antimicrobiana del quitosano y la posibilidad de depositarlo en los tejidos, este trabajo tuvo como objetivo desarrollar un sistema de transporte neonatal para recién nacidos de riesgo normal (Baby-Bag) impregnado con este polímero. A partir de la sesión informativa, se desarrollaron dibujos a mano y software de manipulación de imágenes para expresar mejor los conceptos sugeridos, seguido de la representación 3D de Baby-Bag. Las muestras fueron producidas en malla tipo Ribana (200g/m²). Para la impregnación con quitosano se utilizó el método de chorreado, con soluciones de polímeros a diferentes concentraciones (0.5; 1 y 2 %), seguido de la etapa de neutralización. Luego, las mallas se caracterizaron por Microscopía Óptica (OM), Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR), Resistencia a la Tensión, Actividad Biológica y Citotoxicidad. Las técnicas MO y FTIR indicaron un desprendimiento/pérdida parcial de la impregnación de quitosano durante los procesos de lavado y secado, mientras que el ensayo mecánico indicó que la incorporación de quitosano incrementó el módulo elástico de los tejidos. De acuerdo con los resultados biológicos, se puede afirmar que el material no es tóxico y tiene actividad antimicrobiana grampositiva (*Staphylococcus aureus*) y gramnegativa (*Escherichia coli*). Por lo tanto, se puede concluir que el sistema de transporte neonatal para recién nacidos tiene potencial para ser utilizado como transporte materno-infantil seguro.

Palabras clave: Transporte neonatal; Quitosano; Actividad antimicrobiana.

1. Introdução

Sabe-se que o bebê, ao nascimento, não apresenta seu processo de maturação completo e com o desenvolvimento motor e cognitivo o mesmo aprimora suas necessidades fisiológicas. No momento do nascimento ocorre o primeiro vínculo entre a mãe e seu bebê através do contato pele-a-pele, que possui efeito de abranger as necessidades afetivas entre os mesmos, como também suas necessidades vitais, tais como a troca de calor, estabilização de pressão arterial, frequência cardíaca e respiratória, estímulo ao aleitamento materno exclusivo, estímulo dos primeiros reflexos, entre outros (Ávila et al., 2018, Dias et al., 2018).

Vale ressaltar que o primeiro contato materno infantil pele-a-pele após o nascimento é considerado um método de humanização instituído por diretrizes para organização da atenção integrada e humanizada ao recém-nascido (RN) no Sistema Único de Saúde (SUS). Tal método proporciona o aumento do sistema imunológico ainda em desenvolvimento no RN por estímulo da amamentação na primeira hora de vida, estreita laços afetivos entre o binômio, diminuindo o índice de abandonos e inúmeros outros benefícios (Venancio & Almeida, 2004).

O primeiro contato materno infantil pele-a-pele deverá ser iniciado imediatamente após o nascimento, preconizando a permanência mínima de 40 minutos, este procedimento somente pode ser realizado em quadros clínicos de RN e mães clinicamente estáveis (Matos et al., 2010). Na literatura científica, enfrenta-se dificuldades na carência em publicações relativas à área preventiva do transporte dos pacientes, principalmente no que se refere à área preventiva, ainda mais, no que diz respeito ao transporte do binômio em macas hospitalares (Rodrigues, et al., 2014).

Tais transportes em sua grande maioria são realizados com o recém-nascido entre as pernas da parturiente ou na região lateral da mesma sem equipamento, materiais ou estratégias que visem segurança adequada, além de interromper precocemente o processo de humanização (vínculo entre a mãe-bebê através do contato pele-a-pele). Além do transporte

seguro, a cautela com a saúde do RN tem grande importância para a redução da mortalidade infantil, ainda elevada no Brasil, assim como a promoção de melhor qualidade de vida e a diminuição das desigualdades em saúde. No período neonatal, momento de grande vulnerabilidade na vida, concentram-se riscos biológicos, ambientais, socioeconômicos e culturais, havendo a necessidade de cuidados especiais, com atuação integral, oportuna e qualificada de proteção social e de saúde (Bergh et al., 2016).

Sabe-se que as equipes médicas e pacientes são alvos de contaminações e infecções hospitalares, e que suas vestimentas podem carrear agentes nocivos causadores de infecções (Hernando et al., 2013). A Norma técnica ABNT NBR 13734:1996 – Roupas hospitalares – Características, estabelece as características de fabricação de tecidos hospitalares e padroniza as dimensões dos artigos obtidos a partir deles, bem como indica o tipo mais adequado e recomendado para confecção de roupas hospitalares. Estes tecidos, normalmente fabricados em algodão, são passíveis de contaminação microbiana por estarem em contato direto com agentes infecciosos nos ambientes hospitalares, bem como são fontes carreadoras de infecção hospitalar em geral (Fráguas et al., 2015).

Estudos demonstraram que a ação antimicrobiana proporcionada pela impregnação de quitosana em tecidos utilizados na fabricação de roupas hospitalares apresentou resultados satisfatórios e eficazes contra o microorganismo *Escherichia Coli*. (Periolatto et al., 2012). Vale ressaltar que essa bactéria é um dos principais causadores de sepse neonatal precoce, ou seja, nas primeiras 48h de vida do RN, podendo causar o óbito se não tratado adequadamente (Simões et al., 2011). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de transporte neonatal para recém-nascido de risco habitual (Baby-Bag) impregnado com quitosana para reduzir a contaminação microbiológica e riscos adversos ao binômio.

2. Metodologia

Durante a execução deste trabalho, foram utilizados os seguintes materiais: tecido Ribana (98,5% Algodão + 1,5% Elastano) gramatura 200 g/m²; ácido acético, P.A – Vetec; hidróxido de sódio, P.A – Vetec e quitosana médio peso (~260KDa) –CERTBIO. Inicialmente, foi realizado um briefing (esboço inicial) com os itens necessários para o desenvolvimento do transporte seguro proposto no trabalho, sendo definido: público alvo, ambiente do produto e necessidades e materiais aplicados. Com base nas informações, foram definidos conceitos em desenhos a mão e com softwares de manipulação de imagens, com o objetivo de projetar o sistema para ser usado com um bebê ou dois bebês (gêmeares).

Após as modificações realizadas nas etapas de desenvolvimento do conceito, foi desenvolvida a modelagem 3D no programa Rhinoceros para o dimensionamento e posterior finalização com Redering 3D, para a apresentação do produto. Vale salientar que estudos preliminares já foram desenvolvidos, descritos por Tissiani (2017) e Tissiani et al., 2018. Para conferir o efeito antimicrobiano foi aplicado ao tecido uma camada de solução de quitosana.

Foram preparadas soluções de quitosana com diferentes concentrações 0,5, 1 e 2 % (m/v), a partir da dissolução do polímero em uma solução aquosa de ácido acético utilizada em quantidades estequiométricas, em relação aos grupos amina da quitosana. Onde a dissolução da quitosana ocorreu a partir da protonação dos grupos amina, sendo a concentração de ácido acético de 0,17 mol/L; 0,34 mol/L e 0,68 mol/L, para as concentrações de 0,5, 1 e 2% de quitosana. A metodologia foi adaptada de Silva et al. (2019).

Após a obtenção das soluções de quitosana as amostras foram recortadas nas dimensões de aproximadamente (15 cm²). Posteriormente, separou-se o conjunto amostral em duas alíquotas, sendo uma destinada a impregnação com o polímero; para estas, cada amostra foi jateada (Pistola Elétrica Pulverizadora, marca Trato Paint Pro) a aproximadamente 20 cm de distância do bico dosador, com 5 mL da solução de quitosana em três (3) concentrações (0,5; 1 e 2 %). Ao todo, foram preparados dez corpos de prova para cada tipo de amostra.

Em seguida, executou-se o acondicionamento das malhas em estufa de 40 °C por 24 horas. Em seguida, as amostras foram neutralizadas em solução de hidróxido de sódio a 2 mol/L por um período de 10 min e imersas em água destilada para retirada do resíduo de hidróxido de sódio. Para secagem, as mesmas foram inseridas novamente em estufa, também a 40 °C por 24 horas. A Tabela 1 ilustra a codificação das amostras produzidas.

Tabela 1. Codificação das Amostras.

Código	Descrição
T	Tecido não-impregnado com solução de quitosana
T05N	Tecido impregnado com uma solução de 0,5 % de quitosana e posteriormente neutralizado
T1N	Tecido impregnado com uma solução de 1,0 % de quitosana e posteriormente neutralizado
T2N	Tecido impregnado com uma solução de 2,0 % de quitosana e posteriormente neutralizado

Fonte: Autores.

A caracterização através do ensaio de MO foi utilizada para avaliar a morfologia e o dimensionamento das amostras. A análise foi realizada em um Microscópio Óptico Hirox de reflexão e transmissão com acessórios 2D, com variação de 50 – 400X, acoplado a uma estação de Análise de Imagens que possui magnificação de até 3500x. As imagens foram obtidas na magnificação de 100x.

O ensaio de FTIR foi realizado com o intuito de identificar a presença da quitosana no tecido, através de um espectro vibracional e rotacional característicos, denominado de banda de absorção, e correspondente aos níveis de energia. O equipamento utilizado foi um Spectrum 400 da Perkin Elmer, com faixa de varredura de 4000 a 650 cm^{-1} , resolução de 4 cm^{-1} e 32 scans.

O ensaio de tração foi realizado em uma máquina de ensaio universal, da marca Instron, modelo 3366, com célula de carga de 10N e velocidade de 50 $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$, realizado em quintuplicata, com corpos de prova de aproximadamente 50 mm de comprimento e 10 mm de largura. Foram realizados ensaios em corpos de provas no sentido da fibra (inelástico) das malhas. O ensaio teve como objetivo determinar o módulo de elasticidade (MPa), alongamento (%) e resistência a tração (MPa) das malhas. Os ensaios foram realizados com base na norma ABNT NBR ISO 14727 – materiais têxteis - Determinação da resistência à tração e alongamento pelo ensaio Grab (ISO, 2001).

A Atividade antimicrobiana foi realizada pelo método de Screening (disco difusão) relatado por Andrews (2005). As amostras do tipo T1N (pH ~ 7.3), foram manipuladas em ambiente estéril usando Quimis, cabine de segurança biológica modelo Q216F21RA1. Para o ensaio foi utilizado o meio de cultura Mueller Hinton (Kasvi-Italy) com meio solidificante (bacto agar - BD).

As cepas empregadas neste estudo foram as bactérias gram-positivas *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) e *Escherichia coli* gram-negativa (ATCC 25922). Todas as cepas utilizadas tiveram um tempo de crescimento de no mínimo 24h. O ensaio iniciou-se com o preparo de uma suspensão bacteriana na concentração de 0,5 da escala de Mcfarland (1,5 x10⁸ unidades formadoras de colônia por ml). Em seguida, com o auxílio de um swab, a suspensão foi espalhada em placas contendo agar MH. Posteriormente os discos contendo as amostras do tipo T1N (3 mm de diâmetro), o controle positivo (antibiótico Nitrofurantóina) e controle negativo (disco com água destilada), foram dispostos nas placas de ágar MH com o inóculo e em seguida as placas foram incubadas em estufa bacteriológica a 35 °C (\pm 1 °C), por até 72h com a medida do diâmetro da zona de inibição medida a cada 24h. Os resultados foram obtidos pela média das três zonas de inibição medidas às 24, 48 e 72 h, sem subtrair o diâmetro dos discos. Os experimentos foram realizados em triplicata e os resultados obtidos

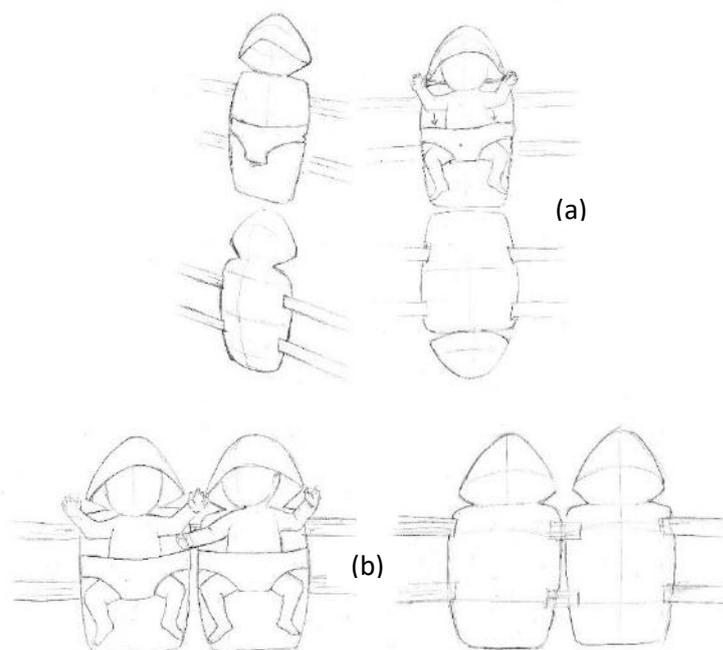
expressos pela média aritmética dos valores dos halos de inibição de crescimento, considerando-se como ativo o produto que apresentou a formação do halo em torno do disco.

A avaliação da citotoxicidade in vitro das amostras do tipo T1N (pH ~ 7.3) foram realizadas pelo teste de avaliação da viabilidade celular de fibroblastos por MTT [brometo de 3-(4,5dimetiltiazol-2-il)-2,5-difenil-tetrazólio] de acordo com a ISO 10993-5:2009, sendo utilizado o método direto de contato entre o substrato do material e as células. A linha celular foi a L929, adquirida do Banco de Células do Rio de Janeiro e os parâmetros de avaliação observados foram a porcentagem de morte celular e a IC50 (concentração do produto que inibe 50 % do crescimento celular).

3. Resultados e Discussão

Com base nos objetivos do presente trabalho, que consiste na produção de um sistema de proteção para recém-nascido de risco habitual, após a definição do briefing do projeto, e prosseguiu-se para etapa de geração de conceitos. Para isso, foram desenvolvidos desenhos à mão com traços rápidos, ilustrados na Figura 1. Foram levados em consideração os quesitos segurança, conforto e ergonomia como os parâmetros da definição.

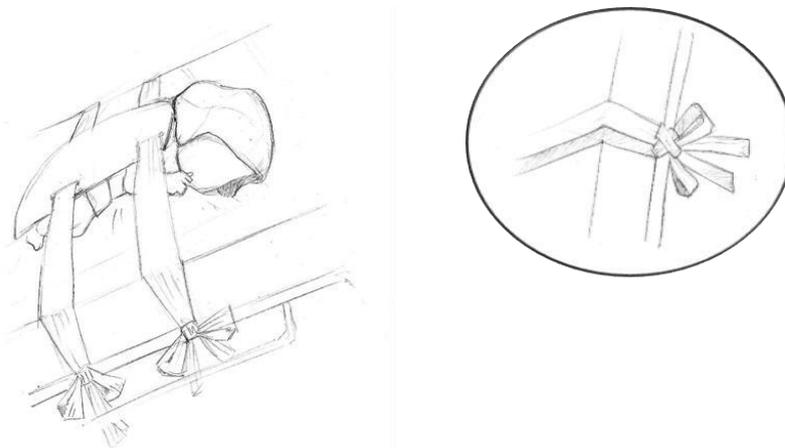
Figura 1. Desenhos à mão do sistema para um bebê (a) e para dois bebês (b) com vista anterior e posterior.



Fonte: Autores.

A Figura 1 ilustra no elemento central um suporte integrado a uma capa prolongada para acomodar e aquecer regiões que não oferecem o contato físico do bebê com a mãe. Nota-se também a presença das alças laterais no corpo do produto, utilizadas para a conexão do recém-nascido na mãe ou na maca, oferecendo dessa forma estabilidade ao recém-nascido durante o transporte. A fixação pode acontecer através da amarração das alças do sistema aos tubos da maca (Figura 2) ou na própria mãe, gerando a fixação ajustável de acordo com porte da criança e da mãe.

Figura 2. Ilustração das alças do sistema amarradas aos tubos da maca.

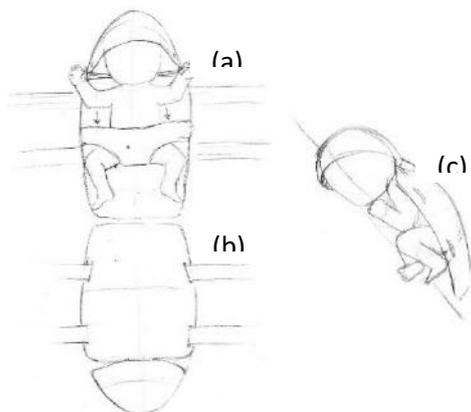


Fonte: Autores.

Vale salientar que, em situações pós-parto em que as mães com boa estabilidade clínica e motora, principalmente após partos normais, o sistema oferece a comodidade de ser fixada à própria mãe ao invés da tubulação da maca, se ela assim o desejar, oferecendo conforto e comodidade ao binômio, mas principalmente garantindo à mãe liberdade de se movimentar durante o transporte neonatal intra-hospitalar associada a segurança adequada. Também é válido ressaltar que, quando amarrada na maca, a maneira indicada para a conexão do produto é na região lateral do colchão onde está presente o tubo de metal fixo, ou seja, essa estrutura não tem possibilidade de movimentos mecânicos, não oferecendo risco de soltar e ocorrer a queda do(s) bebê(s).

O conceito final apresenta uma sunga para a entrada do corpo do bebê na parte mediana, no qual existem aberturas para a passagem das pernas. A capa protetora das costas foi modificada em sua extensão para aquecer também os membros inferiores dos bebês e a alargada em suas laterais com intuito de evitar a perda de calor do tronco do recém-nascido, funcionando como um isolante térmico. A capa prolongada é integrada a uma sunga, a quatro alças de fixação e a uma touca para proteção do polo cefálico do bebê, pois, se trata de sua maior superfície corporal. Assim, o corpo inteiro do bebê ficará coberto e além da segurança oferecida, o sistema oferecerá a manutenção da temperatura adequada do bebê, conforme verificado na Figura 3.

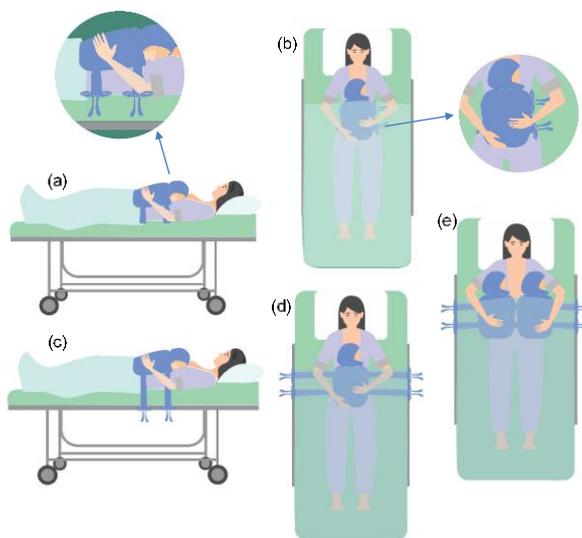
Figura 3. Conceito final do sistema - (a) vista anterior; (b) vista posterior; vista lateral (c).



Fonte: Autores.

Após os desenhos à mão, prosseguiu-se para a etapa de desenvolvimento do conceito digital. Nessa etapa, foram esquematizados o material, sistemas de fixação e inserção dos usuários (mãe e bebê(s)) ao produto. Observa-se na Figura 4 uma ilustração que mostra o bebê acomodado na região central, protegido nas regiões do abdome, costas e cabeça. Com os ajustes devidamente realizados, o recém-nascido poderá ser posicionado de bruços sobre a mãe, propiciando o contato físico entre a mãe e o(s) bebê(s).

Figura 4. Bebê de bruços sobre a mãe – (a) vista lateral com sistema amarrado na mãe; (b) vista superior com sistema amarrado na mãe; (c), (d) e (e) ilustração que destaca o contato pele-a-pele mãe-bebê com sistema amarrado na mãe.

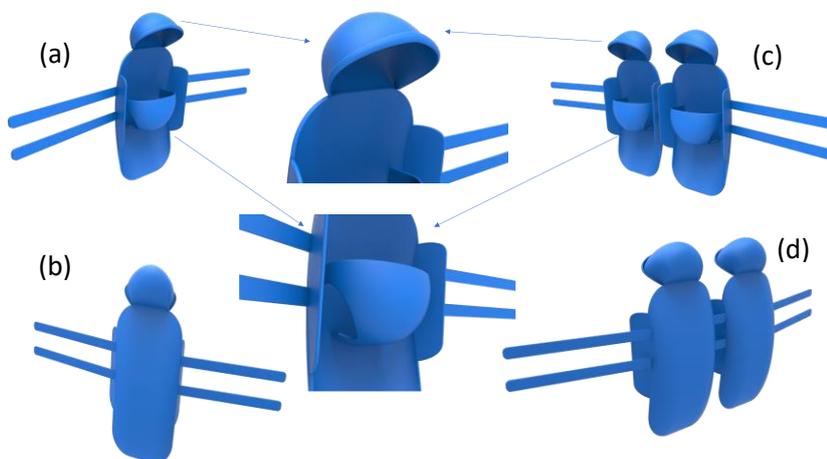


Fonte: Autores.

Observa-se que o dimensionamento das alças e a fixação à tubulação da maca oferece um posicionamento adequado quanto ao tamanho da mãe e do bebê. Os ajustes podem ser executados no sentido horizontal.

A apresentação final do produto foi realizada com a produção do rendering 3D (Figura 5), executada pelos softwares Rhinoceros, responsável pelo dimensionamento e a concepção da forma e o Keyshot para a renderização, onde são aplicados cor e material ao produto final.

Figura 5. Renderização 3D do sistema, executada pelos softwares Rhinoceros, responsável pelo dimensionamento e a concepção da forma e o Keyshot para a renderização; (a) vista anterior do sistema para um bebê; (b) vista posterior do sistema para um bebê; (c) vista anterior do sistema para dois bebês; (d) vista posterior do sistema para dois bebês.

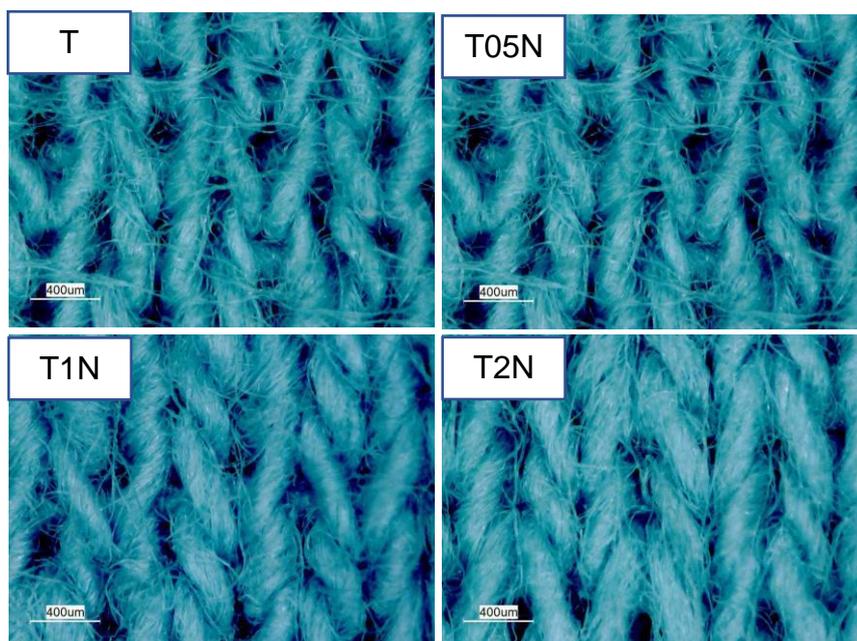


Fonte: Autores.

Conforme pode ser verificado na Figura 5, foram obtidas imagens em 3D do sistema proposto. Essas imagens foram utilizadas na etapa de confecção dos sistemas. Vale salientar que não foram realizados os desenhos com as dimensões. A escala do desenho será mostrada posteriormente na próxima fase do trabalho em centímetros (cm) e com base no desenvolvido do protótipo e uso serão realizados os ajustes necessários, quanto ao dimensionamento.

A Figura 6 exibe as imagens de microscopia ótica das amostras de tecido antes e após a aplicação da solução de quitosana e subseqüente neutralização.

Figura 6. Imagens das amostras de tecido antes (T) e após a aplicação da solução de quitosana e posterior neutralização (T05N; T1N; T2N), com magnificação de 100x.

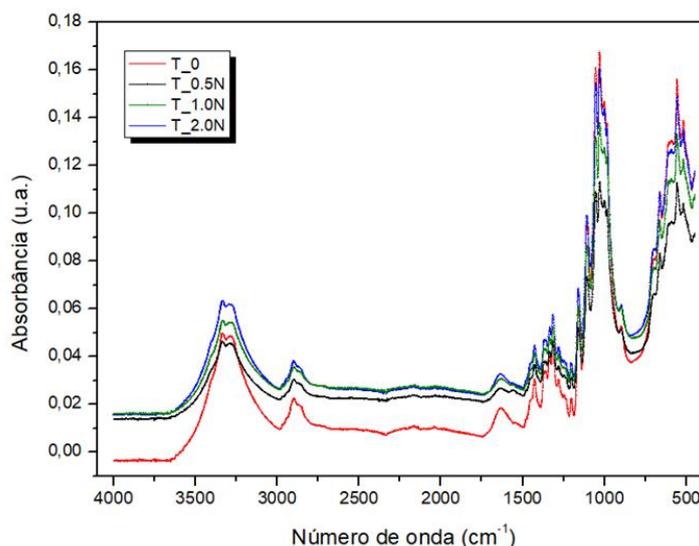


Fonte: Autores.

Pode-se verificar, após a neutralização da solução de quitosana aplicada nos tecidos, que os fios se tornaram mais espessos. Além disso, também foi possível inferir que a adição da solução de quitosana sobre os tecidos foi capaz de provocar diminuição da área média dos poros, considerando como referencial o tecido puro, sem qualquer aplicação de quitosana. constatar que a diminuição foi proporcional à concentração da solução utilizada, tornando-se mais expressiva à medida que a concentração de quitosana aumentou.

A Figura 7 ilustra os espectros de FTIR das amostras sem e com quitosana.

Figura 7. Espectros de FTIR das amostras de tecido antes (T) e após a aplicação da solução de quitosana e posterior neutralização (T05N; T1N; T2N).



Fonte: Autores.

Analisando os espectros referentes ao tecido sem impregnação verificou-se que as bandas de absorções ilustradas estão condizentes com os estudos de Zornio (2013) e Matsushita, et al. (2012), estando algumas delas explicitadas na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2. Principais bandas de absorção no FTIR para o tecido sem modificação.

Número de onda (cm ⁻¹)	Atribuição
3340	Estiramento O-H
2893	Estiramento C-H (grupos CH ₂)
1640	Flexão O-H
1430 - 890	Deformação angular C-H
1155 e 1109	Estiramento assimétrico C-O-C do anel e da ligação glicosídica

Fonte: Autores.

Em 3340 cm⁻¹ observa-se a banda característica do estiramento de grupos O-H livres envolvido em ligações de hidrogênio. A banda 2893 cm⁻¹ é atribuída ao estiramento do grupo C-H, correspondente às porções alifáticas em polissacarídeos. A banda em 1640 cm⁻¹ está associada com a flexão O-H angular de moléculas de água, uma vez que é difícil

extrair a água adsorvida nas moléculas de celulose. A faixa de 1430 - 890 cm^{-1} referente a deformação angular C-H, espectros típicos da celulose pura, na faixa de 1000 -1100 cm^{-1} o estiramento da ligação C-O e em 1112 cm^{-1} o estiramento do anel glicose (Nasir, et al., 2015; Thambiraj & Shankaran, 2017).

Enquanto isso, os espectros das amostras com quitosana apresentaram intensidade das bandas de absorção diferentes do tecido virgem, inferindo que ocorreu a impregnação do polímero na superfície do tecido, expresso nas bandas: 3332 cm^{-1} , referente a vibração OH; em 2909 cm^{-1} , devido a vibração C-H; 1430 e 1321 cm^{-1} , características da vibração C-H (Cheah et al., 2019).

Analisando-se os valores médios do módulo elástico, tensão e deformação dos materiais ensaiados (Tabela 3), pode-se observar que as amostras sem quitosana apresentam menor módulo elástico quando comparadas com as amostras impregnadas com quitosana.

Tabela 3. Módulo Elástico, Tensão Máxima e Deformação Máxima das amostras.

Amostra	Módulo Elástico (Mpa)	Tensão Máxima (MPa)	Deformação Máxima (%)
T	0,4302	0,096	7,02
T05N	0,885	0,169	4,99
T1N	1,058	0,167	4,55
T2N	2,557	0,298	3,22

Fonte: Autores.

Quando comparadas as amostras pode-se inferir que, quanto maior a concentração de quitosana maior o módulo elástico (medida de rigidez). Constatou-se que a impregnação com 2% de quitosana tornou o material mais rígido quando comparado as demais concentrações. Dessa forma, tendo em vista que a aplicação desta pesquisa almeja o contato direto de um tecido maleável sob a pele de um recém-nascido, optou-se por dar continuidade as análises com as amostras produzidas com solução de 1% de quitosana.

As medidas dos halos típicos de inibição das amostras quando em contato com as bactérias *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* estão descritas na Tabelas 4.

Tabela 4. Medidas (cm) dos halos de inibição das malhas impregnadas com soluções de quitosana após neutralização frente às bactérias *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*

		Dimensão do halo (cm) em função do tempo		
Cepa	Amostra	24 horas	48 horas	72 horas
<i>Staphylococcus aureus</i>	T1N	1,3cm	1,4cm	1,4cm
<i>Escherichia coli</i>		1,3cm	1,4cm	1,5cm

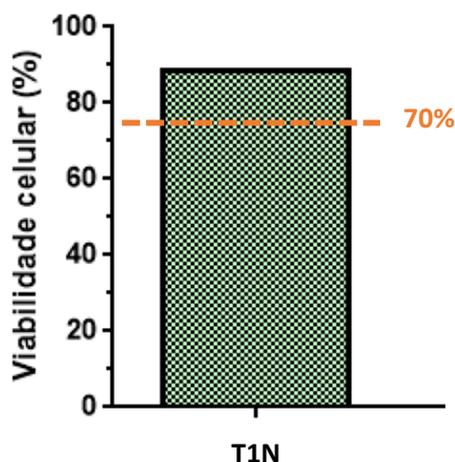
Fonte: Autores.

De acordo com resultados pode-se afirmar que as amostras, mesmo após a neutralização, exibiram ação contra as bactérias *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. Com base nos resultados obtidos, observou-se que os diâmetros dos halos inibitórios foram similares para as duas bactérias estudadas. As *Staphylococcus aureus* são bactérias Gram-positivas capazes de desenvolver fatores de virulência e estratégias como proteínas de membrana, enzimas e toxinas que permitem escapar do

sistema imune. Embora seja encontrado em sítios anatômicos de pessoas saudáveis, como as mãos e a cavidade nasal, este microrganismo possui ao longo de seu histórico uma alta capacidade de adaptação e evolução frente aos antibióticos. É considerado altamente patogênico, causando infecções mais graves, sobretudo em pacientes que possuem uma doença base grave. Já a bactéria *Escherichia coli* é Gram-negativa, amplamente encontrada no trato intestinal onde habita de forma comensal. Sua capacidade patogênica ocorre na maioria dos casos ao migrar-se para outros sítios anatômicos, como por exemplo, o trato urinário (Souza et al., 2016; Santos et al., 2018 e Siqueira et al., 2019). Ambas bactérias estão amplamente envolvidas na sepse neonatal precoce (infecção transmitida da mãe para o recém-nascido até 48h de vida), podendo levar a sequelas sérias no desenvolvimento a longo prazo do bebê e inclusive ao óbito neonatal.

A Figura 8 exibe a viabilidade celular para a amostra impregnada com solução de quitosana (1% m/v) após neutralização.

Figura 8. Viabilidade celular da amostra T1N.



Fonte: Autores.

Quando analisado o percentual de citotoxicidade das amostras T1N, tendo como parâmetro o valor mínimo determinado pela norma ISO 10993-5:2009, que é de 70 %, pode-se afirmar que as mesmas são viáveis para uso em meio orgânico, visto que se encontram com percentual de viabilidade acima do valor mínimo exigido pela norma. De acordo com o Órgão Internacional de Padronização (International Standard Organization), ISO 10993, o ensaio de citotoxicidade in vitro é o primeiro teste para avaliar a biocompatibilidade de qualquer material para uso em dispositivos biomédicos. Apenas depois de comprovada a sua não toxicidade é que o estudo da biocompatibilidade do produto pode ter continuidade, realizando-se os ensaios pré-clínicos e clínicos (Chen, et al., 2012).

4. Conclusão

O planejamento dos desenhos à mão com traços rápidos, modelagem em 3D e dimensionamento do sistema, demonstraram-se efetivos e foram fundamentais para melhor visualização da proposta de fabricação do protótipo. Os resultados de MO e FTIR indicaram que todas as amostras foram impregnadas com quitosana. O ensaio de resistência a tração revelou que o módulo elástico das amostras impregnadas com quitosana foi superior ao tecido sem o biopolímero. Os resultados biológicos demonstraram que o material é atóxico e possui atividade antimicrobiana para gram-positiva

(*Staphylococcus aureus*) e gram-negativa (*Escherichia coli*). Constatou-se também que, devido aos resultados obtidos de resistência a tração, a melhor concentração a ser utilizada de quitosana é 1%. Por fim, diante de uma extensa vivência prática e baseando-se também no conhecimento de postulados médicos nessa área, conclui-se que o sistema de transporte neonatal com propriedades antimicrobianas apresenta potencial para ser utilizadas como uma alternativa ao transporte seguro e humanizado do recém-nascido.

Referências

- Ávila, A., Bierbrauer, K., Pucci, G., López-González, M., & Strumia, M. (2012). Study of optimization of the synthesis and properties of biocomposite films based on grafted chitosan. *Journal of Food Engineering*, 109, 4,752-761.
- Bergh, A.-M., Graft-Johnson, J., Khadka, N., Om'iniabohs, A., Udani, R., Pratomo, H., & Leon-Mendoza, S. (2016). The three waves in implementation of facility-based kangaroo mother care: a multi-country case study from Asia. *BMC International Health And Human Rights*, 16, 4-10.
- Cheah, W. Y., Show, P. L., Ng, I. S., Lin, G. Y., Chiu, C. Y., & Chang, Y. K. (2019). Antibacterial activity of quaternized chitosan modified nanofiber membrane. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 126, 569-577.
- Chen, J. P., Kuo, C. Y., & Lee, W. L. (2012). Thermo-responsive wound dressing by grafting chitosan and poly (N-isopropylacrylamide) to plasma-induced graft polymerization modified non-woven fabrics. *Applied Surface Science*, 262, 95-101.
- Devikala, S., Kamaraj, P., & Athanareeswar, M. (2019). AC conductivity studies of PVA/Al₂O₃ composites. *Materials Today: Proceedings*, 14, 288-295.
- Dias, A. M., Cabrera, M. P. S., Lima, A. M. F., Taboga, S. R., Vilamaior, P. S. L., Tiera, M. J., & Tiera, V. A. O. (2018). Insights on the antifungal activity of amphiphilic derivatives of diethylaminoethyl chitosan against *Aspergillus flavus*. *Carbohydrate polymers*, 196, 433-444.
- Farahmandjou, M., & Motaghi, S. (2019). Sol-gel synthesis of Ce-doped α -Al₂O₃: Study of crystal and optoelectronic properties. *Optics Communications*, 441, 1-7.
- Iqbal, M. M. A., Bakar, W. A., Toemen, S., Razak, F. I. A., & Azelee, N. I. W. N. (2020). Optimization study by Box-Behnken design (BBD) and mechanistic insight of CO₂ methanation over Ru-Fe-Ce/ γ -Al₂O₃ catalyst by in-situ FTIR Technique. *Arabian Journal of Chemistry*, 13 (2), 4170-4179.
- Jean, M. S. (2013). Introduction to molecular vibration and infrared spectroscopy. *Chemistry*, 362, 1-9.
- Fráguas, R. M., Rocha, D. A., Queiroz, E. R., Abreu, C. M. P., Sousa, R. V., & Oliveira, Ê. N. (2015). Caracterização química e efeito cicatrizante de quitosana, com baixos valores de massa molar e grau de acetilação em lesões cutâneas. *Polímeros*, 25, 2, 205-211.
- Hernando, J. M., Lluch, M. T., García, E. S., Gracia, S. R., Lorenzo, J. F., Urcelay, I. E., Mussons, F. B., Carrillo, G. H., & Luna, M. S. (2013). Recomendaciones sobre transporte neonatal. *Anales de pediatría*, 79, 2, 117. e1-117. e7.
- Marciano, R. P. (2016). A constituição do vínculo materno com o bebê prematuro: possibilidades de intervenção precoce. *Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal do Goiás*, 142f.
- Matsushita, A. F. T., Inaba, J., Fujiwara, S. T., Wohnrath, K., Garcia, J. R., & Pessoa, C. A. (2013). Síntese e caracterização de nanopartículas de prata no polieletrólito cloreto de 3-n-Propilpiridínio Silsexquioxano para aplicações em materiais têxteis. *Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias*, 18, 39-50.
- Nasir, M., Fatima, N., Khan, K. M., Zahra, D. N., Ansar, N., & Khan, S. T. (2015). Spectroscopic and morphological investigation of chemically treated cellulose nanowhiskers (cnw) prepared from cotton sliver. *Applied nanoscience*, 5, 3, 291-296.
- Periolatto, M, Ferrero, F., & Vineis, C. (2012). Antimicrobial chitosan finish of cotton and silk fabrics by UV-curing with 2-hydroxy-2-methylphenylpropane-1-one. *Carbohydrate Polymers*, 88, 201-205.
- Rodrigues, Y. W., Okimoto, M. L. L. R., & Heemann, A. (2014). Transporte de pacientes por macas hospitalares: uma análise metodológica. *Blucher Design Proceedings*, 3637.
- Santos, D. M., Junior, A. R. C., & Cutrim, B. S. (2018). New experimental approaches to combat infections caused by *Staphylococcus aureus*. *Revista Investigação Biomédica*, 230, 142-150.
- Silva, M. C., Silva, H. N., Alves, R. D. C., Sagoe-Amoah, S. K., Silva, S. M., & Fook, M. V. L. (2019). N-Acetyl-D-Glucosamine-Loaded Chitosan Filaments Biodegradable and Biocompatible for Use as Absorbable Surgical Suture Materials. *Materials*, 12, 11, 1807-1812.
- Simões, A. S., Mori, R. Y., Faria, R., Castro, H. F. D., & Mendes, A. A. (2011). Desempenho da matriz híbrida SiO₂-Quitosana na imobilização da lipase microbiana da *Candida rugosa*. *Química nova*, 34, 33-38.
- Siqueira, M. L. B., Silva, R. A., & Mendes S. O. (2019). Levantamento de agentes etiológicos associados a infecção urinária e faixa etária das gestantes cadastradas no laboratório central municipal de saúde de Rondonópolis, MT. *Biodiversidade*, 2, 33-36.
- Souza, C. O.; Melo, T. R. B., & Melo, C. S. B. (2016). Enteropathogenic *Escherichia coli*: a versatile diarrheagenic category. *Revista Pan-Amazônica de Saude*, 20, 91-96.

Thambiraj, S., & Shankaran, D. R. (2017). Preparation and physicochemical characterization of cellulose nanocrystals from industrial waste cotton. *Applied surface science*, 412, 405–416.

Venancio, S. I., & Almeida, H. D. (2004). Método Mãe Canguru: aplicação no Brasil, evidências científicas e impacto sobre o aleitamento materno. *Jornal Pediatria*, 80, 5, 173-180.

Zornio, C. F. (2013). Preparação e Caracterização do complexo de inclusão de β -ciclodextrina /(*z*)-jasmona e da fibra de algodão enxertada com β -ciclodextrina. Programa de Pós Graduação em Química da Universidade Federal de Santa Catarina, 127f.