



Comparação entre o Processo Produtivo do PLA e do Gesso Hospitalar sob a ótica sustentável: revisão da literatura

Comparison between the Production Processes of PLA and Hospital Plaster from a sustainable perspective

Bárbara Tatiele Santos, mestranda, UFRGS

barbara.santos.designer@gmail.com

Clariana Fischer Brendler, doutora, UFRGS

clafischer@hotmail.com

Jocelise Jacques de Jacques, doutora, UFRGS

jocelise.jacques@ufrgs.br

José Lucas Pereira Mendes, mestrando, UFRGS

joselucaspmedes@gmail.com

3E – [Design; Materiais alternativos e inovações tecnológicas]

Resumo

Este artigo compara o gesso hospitalar e o ácido polilático (PLA) na produção de órteses, analisando-os sob os eixos ambiental, econômico e social. O gesso, amplamente utilizado na imobilização ortopédica, apresenta impactos ambientais significativos devido ao seu processo de extração, alto consumo energético e descarte inadequado. Em contrapartida, o PLA, um polímero biodegradável derivado de fontes renováveis, destaca-se por sua menor pegada de carbono e possibilidade de reciclagem. Além dos benefícios ambientais, o PLA demonstra vantagens econômicas, reduzindo desperdícios e otimizando recursos na produção das órteses. No aspecto social, seu uso proporciona maior conforto ao paciente, devido à leveza e à adaptabilidade térmica do material. A análise sugere que o PLA tem potencial para substituir o gesso de maneira sustentável, alinhando-se às diretrizes contemporâneas de sustentabilidade na saúde, sem comprometer a eficiência clínica das órteses.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Gesso hospitalar; PLA; Imobilização; Desenvolvimento Sustentável de Produtos



Abstract

This article compares hospital plaster and polylactic acid (PLA) in the production of orthoses, analyzing them through environmental, economic, and social lenses. Plaster, widely used in orthopedic immobilization, has significant environmental impacts due to its extraction process, high energy consumption, and improper disposal. In contrast, PLA, a biodegradable polymer derived from renewable sources, stands out for its lower carbon footprint and recyclability. Beyond its environmental benefits, PLA offers economic advantages by reducing waste and optimizing resources in orthosis production. From a social perspective, its use enhances patient comfort due to the material's lightweight nature and thermal adaptability. The analysis suggests that PLA has the potential to sustainably replace plaster, aligning with contemporary sustainability guidelines in healthcare without compromising the clinical efficiency of orthoses.

Keywords: Sustainability; Hospital Plaster; PLA; Immobilization; Sustainable Product Development

1. Introdução

A crescente preocupação com o impacto ambiental das práticas de saúde tem motivado pesquisas voltadas à sustentabilidade no setor, particularmente em processos hospitalares que geram grande quantidade de resíduos (Leal Filho et al., 2024). A imobilização de fraturas com gesso hospitalar, amplamente utilizada devido à sua eficácia clínica e baixo custo, apresenta limitações significativas no âmbito ambiental. O processo de fabricação do gesso, que envolve a calcinação da gipsita (sulfato de cálcio di-hidratado), é intensivo em energia e gera resíduos não biodegradáveis que, frequentemente, são descartados em aterros sanitários.

Esse descarte inadequado, aliado à falta de estratégias eficazes de reciclagem, contribui para um impacto ambiental crescente. Conforme destacado por Spielmann (2022), durante a extração e calcinação da gipsita, são gerados resíduos de material particulado e materiais inadequados para a produção, além de material estéril. O descarte inadequado desses resíduos pode levar à contaminação do solo e do lençol freático, além de desenvolver reações químicas que originam gases poluentes e inflamáveis.

Além disso, Pinheiro (2013) ressalta que a deposição inadequada do resíduo de gesso pode contaminar o solo e o lençol freático, devido às características físicas e químicas do material, que, em contato com o ambiente, pode se tornar tóxico. A incineração do gesso também pode produzir dióxido de enxofre, um gás tóxico.

Em contrapartida, o ácido polilático (PLA) tem emergido como uma alternativa promissora para aplicações médicas, especialmente na impressão 3D de órteses e próteses. Derivado de fontes renováveis, como milho e cana-de-açúcar, o PLA é biodegradável e consome menos energia em seu ciclo de vida em comparação com o gesso (Silva & Pereira, 2021). Estudos indicam que, além do menor impacto ambiental, o PLA oferece vantagens econômicas em longo prazo e maior conforto ao paciente, reforçando seu potencial para substituir o gesso em ambientes ambulatoriais (Kucera, 2020).

Este artigo analisa os processos produtivos do PLA e do gesso hospitalar sob os três eixos da sustentabilidade: ambiental, social e econômico. A investigação busca argumentar como o uso do PLA pode atender às demandas crescentes por soluções sustentáveis no setor de saúde, reduzindo o impacto ambiental sem comprometer a eficácia clínica. A relevância desta análise está na contribuição para o desenvolvimento de protocolos que viabilizem a transição para



práticas mais sustentáveis, atendendo às exigências da gestão de resíduos e ao bem-estar dos pacientes.

2. Revisão de Literatura

A utilização de materiais sustentáveis no setor de saúde tem se tornado um tema central nas discussões sobre inovação e responsabilidade ambiental. Dentro desse contexto, o gesso hospitalar, tradicionalmente utilizado na imobilização de fraturas, apresenta uma série de limitações, especialmente no que diz respeito ao seu impacto ambiental e ao processo de descarte (Smith, 2023).

Alternativas ambientalmente amigáveis, como o ácido polilático (PLA), têm ganhado destaque devido às suas propriedades biodegradáveis e menor impacto na produção (Journal of Environmental Health, 2023). A revisão busca identificar as vantagens e desafios dessas soluções, destacando seu potencial para transformar o setor de saúde

2.1. Uso do Gesso Hospitalar na Imobilização

O gesso hospitalar, composto majoritariamente de sulfato de cálcio, é amplamente utilizado para a imobilização de fraturas devido ao seu baixo custo e eficácia clínica. Seu processo de aplicação envolve a mistura de pó de gesso com água, formando uma pasta moldável que endurece rapidamente. Contudo, sua produção e descarte geram impactos ambientais significativos. A calcinação, etapa essencial na transformação do sulfato de cálcio, consome grande quantidade de energia e contribui para a emissão de gases de efeito estufa. Além disso, o descarte do gesso em aterros sanitários acentua o problema da gestão de resíduos hospitalares, já que o material não é biodegradável (Smith, 2023).

A ausência de políticas efetivas para a reciclagem do gesso hospitalar agrava esse cenário. Estudos mostram que a dependência de materiais não renováveis e a dificuldade de reutilização tornam esse material ambientalmente insustentável no longo prazo, especialmente em contextos em que grandes volumes de resíduos são gerados (Pires et al., 2019).

2.2. PLA: Um Polímero Sustentável para a Saúde

O ácido polilático (PLA), por sua vez, é um polímero derivado de recursos renováveis, como milho e cana-de-açúcar, e destaca-se por sua biodegradabilidade em condições de compostagem industrial. A fabricação do PLA envolve menor consumo energético em comparação ao gesso, além de não depender de matérias-primas minerais não renováveis. Essas características tornam o PLA uma alternativa alinhada aos princípios de sustentabilidade ambiental e economia circular (Kucera, 2020).

Na área da saúde, a adoção do PLA tem crescido principalmente devido ao avanço das tecnologias de impressão 3D. Esse material possibilita a produção de órteses e próteses personalizadas com maior eficiência e menor desperdício. Além disso, sua leveza e resistência aumentam o conforto do paciente e reduzem complicações associadas ao uso prolongado, como irritações cutâneas (Thomas & Manthena, 2021).

2.3. Comparação de Sustentabilidade: Gesso vs. PLA

A comparação entre o gesso hospitalar e o PLA sob a ótica da sustentabilidade revela diferenças marcantes. O gesso apresenta custo inicial baixo, mas seu impacto ambiental ao longo do ciclo de vida é elevado. Em contraste, o PLA, embora tenha um custo inicial mais alto, oferece benefícios ambientais superiores, como menor geração de resíduos e maior potencial de reaproveitamento. Além disso, o PLA se destaca por ser mais leve e permitir a

fabricação personalizada de dispositivos médicos, otimizando recursos e melhorando o conforto do paciente (Smith, 2023).

Estudos recentes reforçam que o PLA representa uma solução mais alinhada às demandas por sustentabilidade em ambientes ambulatoriais, onde a eficiência no uso de materiais e a redução de resíduos hospitalares são essenciais (Kaczmarek et al., 2020).

2.4. Tecnologias de Impressão 3D e a Expansão do PLA na Saúde

O avanço das tecnologias de impressão 3D tem catalisado o uso do PLA no setor de saúde. Essa tecnologia permite a fabricação de dispositivos médicos personalizados, ajustados à anatomia de cada paciente, com maior precisão e menos desperdício de material.

A combinação do PLA com a impressão 3D não só reduz o impacto ambiental, mas também potencializa a eficiência operacional em ambientes ambulatoriais. Pesquisas apontam que a impressão 3D, aliada ao uso de materiais sustentáveis como o PLA, pode transformar o setor de saúde, viabilizando soluções de baixo impacto ambiental sem comprometer a qualidade do atendimento (Journal of Cleaner Production, 2021).

3. Procedimentos Metodológicos

Neste estudo realizou-se uma análise comparativa entre o PLA e o gesso hospitalar sob os três eixos da sustentabilidade: ambiental, econômico e social. A investigação concentra-se no contexto de imobilizações em ambientes ambulatoriais, utilizando fontes escritas para o levantamento de dados. Essa abordagem possibilita uma avaliação robusta baseada em evidências previamente documentadas, garantindo a confiabilidade dos resultados (Green, 2020).

3.1. Coleta de Dados

Os dados foram coletados exclusivamente a partir de fontes secundárias, incluindo:

- a) Literatura Acadêmica: Artigos científicos revisados por pares, relatórios técnicos e estudos de caso abordando ciclos de vida, impacto ambiental e custos do gesso hospitalar e do PLA.
- b) Relatórios Institucionais: Documentos de organizações de saúde e ambientais, detalhando práticas e diretrizes sobre o uso de materiais sustentáveis.
- c) Bases de Dados de Ciclo de Vida: Informações sobre o impacto ambiental e os insumos necessários para a produção do PLA e do gesso.

A seleção das fontes seguiu critérios de relevância e atualidade, priorizando publicações dos últimos dez anos e estudos com metodologia robusta.

3.2. Análise dos Dados

Os dados coletados foram organizados segundo os três eixos da sustentabilidade: ambiental, econômico e social. Para cada eixo, foram estabelecidos parâmetros específicos de comparação, conforme descrito a seguir:

- a) Sustentabilidade Ambiental: impacto ambiental durante a produção, utilização e descarte dos materiais, considerando aspectos como (i) consumo energético; (ii) geração de resíduos e (iii) potencial de biodegradabilidade ou reciclagem.
- b) Sustentabilidade Econômica: (i) custos diretos e indiretos associados à produção; (ii) uso e descarte dos materiais; (iii) viabilidade econômica no contexto ambulatorial.



- c) Sustentabilidade Social: benefícios para pacientes e profissionais de saúde, com foco no (i) conforto, (ii) na segurança e (iii) na aceitação das tecnologias aplicadas.

Os dados foram sistematicamente organizados e analisados de forma qualitativa e quantitativa, sempre considerando a relevância dos critérios no contexto hospitalar. O tratamento dos dados seguiu diretrizes rigorosas de avaliação da sustentabilidade, com base em estudos consolidados na área.

Essa abordagem metodológica possibilita uma análise comparativa robusta entre os materiais, fornecendo evidências que podem subsidiar decisões estratégicas na adoção de práticas sustentáveis em imobilizações ortopédicas.

Um exemplo de pesquisa que utiliza uma estrutura metodológica semelhante é o estudo de (Xavier et al., 2019), intitulado "Fatores Explicativos do Nível de Sustentabilidade das Instituições Hospitalares Brasileiras Acreditadas". Neste trabalho, os autores analisaram a sustentabilidade de hospitais acreditados no Brasil, empregando o conceito do Triple Bottom Line (TBL), que abrange as dimensões econômica, social e ambiental. A pesquisa foi descritiva, documental e quantitativa, utilizando dados secundários, como relatórios de sustentabilidade e atividades hospitalares. Os resultados indicaram que 56,7% dos hospitais eram sustentáveis economicamente, mas a maioria não alcançava sustentabilidade efetiva na dimensão social, enquanto 66,7% eram sustentáveis na dimensão ambiental. Concluiu-se que os hospitais analisados não eram sustentáveis nas três dimensões do TBL, destacando a influência do porte e do tempo de constituição das instituições no nível de sustentabilidade observado.

4. Resultados

A seguir, é possível entender um pouco do que os autores têm estudado em relação à comparação do Gesso versus PLA na aplicação em ambientes hospitalares. Diversos estudos apresentam análises sobre as vantagens do PLA, especialmente no que diz respeito à redução do impacto ambiental, como menores emissões de carbono e biodegradabilidade.

Tabela 1: Comparação: Gesso x PLA

Eixo de Sustentabilidade	Gesso Hospitalar	PLA (Ácido Polilático)	Fonte
Sustentabilidade Ambiental	- Alto impacto ambiental devido à produção.	- Menor impacto ambiental na produção.	Almeida & Silva, 2021; Silva & Miranda, 2019
	- Não biodegradável; gera resíduos não recicláveis.	- Biodegradável em condições de compostagem.	Bradford & Zhang, 2024
	- Grande volume de resíduos destinados a aterros.	- Redução significativa de resíduos hospitalares; potencial de reciclagem.	Journal of Cleaner Production, 2021



Sustentabilidade Econômica	- Baixo custo inicial de produção e aquisição.	- Maior custo inicial, mas com potencial de redução com a impressão 3D.	Thomas & Manthena, 2021; Kaczmarek et al., 2020
	- Custos indiretos elevados a longo prazo devido ao descarte.	- Economia a longo prazo pela redução de resíduos e melhor utilização de materiais.	Montoya, 2024; Nascimento, 2018
Sustentabilidade Social	- Pesado e desconfortável; risco de irritações cutâneas.	- Leve e personalizada; maior conforto e mobilidade.	Silva & Almeida, 2019; Kaczmarek et al., 2020
	- Dificuldades na aplicação e remoção.	- Aplicação e remoção mais rápidas, reduzindo a carga de trabalho para profissionais de saúde.	Pires et al., 2019; Naser et al., 2021

Fonte: Elaborado pelos autores.

A comparação entre o gesso hospitalar e o PLA (ácido polilático) nos três eixos de sustentabilidade destaca vantagens significativas do PLA. No aspecto ambiental, o gesso apresenta alto impacto devido à sua produção intensiva em energia, além de ser não biodegradável, gerando grandes volumes de resíduos destinados a aterros (Almeida & Silva, 2021). Por outro lado, o PLA possui menor impacto ambiental, é biodegradável em condições de compostagem e oferece potencial para reciclagem, contribuindo para a redução de resíduos hospitalares (Silva & Miranda, 2019).

No eixo econômico, o gesso tem como vantagem inicial seu baixo custo de produção e aquisição. Entretanto, os custos indiretos relacionados ao descarte inadequado aumentam significativamente no longo prazo (Silva, 2022). Já o PLA, embora tenha um custo inicial mais elevado, apresenta economia a longo prazo devido à redução de resíduos e melhor aproveitamento de materiais, especialmente com o uso da tecnologia de impressão 3D (Nascimento, 2018).

Por fim, no eixo social, o gesso é considerado pesado e desconfortável, podendo causar irritações cutâneas, além de ser mais difícil de aplicar e remover, exigindo maior esforço dos profissionais de saúde (Silva & Almeida, 2019). Em contrapartida, o PLA oferece dispositivos leves, personalizados e mais confortáveis para os pacientes, além de facilitar a aplicação e remoção, reduzindo a carga de trabalho dos profissionais (Silva & Miranda, 2019).

Estudos recentes indicam que a substituição do gesso pelo PLA poderia reduzir em até 50% as emissões de carbono associadas à fabricação e ao descarte de dispositivos de imobilização em contextos hospitalares, destacando a relevância dessa transição para práticas mais sustentáveis (Silva & Pereira, 2021).

Além disso, essa redução está alinhada às metas globais de mitigação das mudanças climáticas, especialmente em setores como a saúde, que contribuem significativamente para a geração de resíduos (Almeida & Silva, 2021). Segundo Silva e Almeida (2019), a transição



para materiais biodegradáveis, como o PLA, não apenas reduz o impacto ambiental direto, mas também promove a economia circular, uma vez que esses materiais podem ser reaproveitados em novos ciclos produtivos.

A adoção do PLA também permite uma melhoria nas práticas hospitalares, uma vez que dispositivos médicos podem ser produzidos sob demanda, reduzindo desperdícios e otimizando recursos (Nascimento, 2018). Adicionalmente, o uso do PLA em impressão 3D tem demonstrado ser uma alternativa prática e eficiente, contribuindo para a personalização de dispositivos médicos, o que melhora os resultados clínicos e a experiência do paciente (Silva, 2022). Nesse sentido, Miranda et al. (2019) destacam que tecnologias emergentes, quando combinadas com materiais sustentáveis, representam um marco para a inovação no setor de saúde, garantindo benefícios ambientais, econômicos e sociais a longo prazo.

4.1. Sustentabilidade Ambiental

O PLA, por sua vez, é fabricado a partir de fontes renováveis, como milho e cana-de-açúcar, utilizando menos energia em seu processo de polimerização. Após o uso, o PLA pode ser biodegradado em condições de compostagem industrial, o que reduz significativamente a quantidade de resíduos acumulados. Adicionalmente, a possibilidade de reciclagem do material reforça sua viabilidade ambiental, alinhando-se aos princípios de economia circular (Pires et al., 2019).

4.2. Sustentabilidade Econômica

O gesso hospitalar é amplamente utilizado devido ao seu baixo custo inicial, tornando-se uma opção atrativa para hospitais e clínicas que operam com recursos limitados. No entanto, os custos indiretos associados ao descarte inadequado e à gestão de resíduos hospitalares frequentemente não são contabilizados, o que pode elevar os gastos no longo prazo (Smith, 2023).

Embora o PLA tenha um custo inicial mais elevado, sua utilização em impressão 3D apresenta vantagens econômicas a longo prazo. A capacidade de personalização reduz o desperdício de material, enquanto a eficiência no uso de recursos minimiza os custos operacionais. Além disso, o avanço contínuo das tecnologias de impressão 3D tem diminuído o custo de produção de dispositivos de PLA, tornando essa alternativa cada vez mais acessível (Thomas & Manthena, 2021).

Projeções econômicas sugerem que, em cenários onde a gestão eficiente de resíduos é implementada, o PLA pode se tornar mais competitivo que o gesso em até cinco anos, dependendo da escala de adoção e dos incentivos governamentais para práticas sustentáveis (Kucera, 2020).

4.3. Sustentabilidade Social

A experiência do paciente e a eficiência operacional dos profissionais de saúde são fatores críticos na avaliação do impacto social. O gesso, embora funcional, apresenta limitações em termos de conforto para o paciente, devido ao peso e ao potencial de causar irritações cutâneas durante o uso prolongado. Além disso, a aplicação e remoção do gesso frequentemente exigem maior esforço dos profissionais de saúde, aumentando o tempo e a complexidade do processo (Smith, 2023).

O PLA, quando utilizado em órteses impressas em 3D, oferece benefícios sociais significativos. Dispositivos fabricados com PLA são leves, personalizados e adaptados à anatomia do paciente, proporcionando maior conforto e mobilidade. Para os profissionais de



saúde, a leveza e a facilidade de aplicação do PLA reduzem a carga de trabalho, tornando o processo mais eficiente e menos desgastante (Kaczmarek et al., 2020).

A melhoria na experiência do paciente com dispositivos de PLA pode aumentar a adesão ao tratamento, refletindo diretamente em melhores resultados clínicos. Além disso, a adoção de materiais mais sustentáveis fortalece a imagem institucional das unidades de saúde, promovendo um compromisso com práticas responsáveis e inovadoras (Pires et al., 2019).

5. Conclusão

Os resultados da comparação entre o PLA e o gesso hospitalar foram organizados de acordo com os três eixos da sustentabilidade: ambiental, econômico e social. Os dados apresentados abaixo de modo sucinto e explicado em seções posteriores, demonstra essa comparação.

Os dados coletados indicam que o PLA apresenta vantagens claras em todos os eixos da sustentabilidade em comparação ao gesso hospitalar. O impacto ambiental é significativamente menor, os custos podem se tornar mais favoráveis a longo prazo, e a experiência do paciente é aprimorada com o uso de órteses de PLA. Estes resultados sublinham o potencial do PLA como uma alternativa sustentável e eficaz para a imobilização em ambientes ambulatoriais.

5.1 Comparação dos Eixos de Sustentabilidade

Sustentabilidade Ambiental:

O PLA em relação ao gesso se destaca pela menor emissão de carbono em seu ciclo de vida, pela biodegradabilidade em condições específicas e pelo potencial de reciclagem, o que o torna alinhado às práticas de economia circular (Pires et al., 2019).

Sustentabilidade Econômica:

Embora o custo inicial do PLA seja mais elevado, os resultados sugerem que os benefícios econômicos a longo prazo compensam esse investimento. A personalização proporcionada pela impressão 3D reduz desperdícios e melhora a eficiência na utilização de materiais, conforme corroborado por estudos recentes (Thomas & Manthena, 2021). Em contrapartida, os custos indiretos associados à gestão de resíduos do gesso são frequentemente negligenciados, mas representam um ônus financeiro significativo para as instituições de saúde.

O avanço das tecnologias de impressão 3D também tem contribuído para a redução dos custos de produção de dispositivos de PLA, tornando a transição para este material economicamente viável em cenários ambulatoriais. Essa evolução tecnológica aponta para uma tendência de adoção crescente do PLA, impulsionada por sua eficiência financeira no médio e longo prazo (Kucera, 2020).

Sustentabilidade Social:

Do ponto de vista social, o PLA oferece benefícios tanto para os pacientes quanto para os profissionais de saúde. Pacientes se beneficiam de órteses mais leves, personalizadas e confortáveis, enquanto os profissionais lidam com materiais mais fáceis de aplicar e remover. O gesso, por outro lado, apresenta limitações em conforto e praticidade, aumentando o risco de complicações como irritações cutâneas e desconforto prolongado (Kaczmarek et al., 2020).



6. Discussão

A análise comparativa dos processos produtivos do gesso hospitalar e do PLA revelou aspectos fundamentais sobre os três eixos de sustentabilidade. Esta seção busca integrar os resultados obtidos com as implicações práticas para o setor de saúde, bem como identificar as limitações do estudo e propor direções futuras para pesquisa.

Sustentabilidade Ambiental: os resultados destacam que o PLA é significativamente mais alinhado às práticas de sustentabilidade ambiental em comparação ao gesso hospitalar. Sua fabricação a partir de fontes renováveis e a possibilidade de biodegradação em condições específicas demonstram uma vantagem ambiental clara. Esses fatores sugerem que a adoção do PLA poderia mitigar os impactos negativos associados ao descarte do gesso, que frequentemente sobrecarrega os aterros sanitários devido à sua não biodegradabilidade. No entanto, ainda existem desafios relacionados à compostagem industrial do PLA, que requer infraestrutura especializada. Assim, a viabilidade ambiental do material está condicionada à disponibilidade de sistemas adequados de descarte e reaproveitamento.

Sustentabilidade Econômica: embora o custo inicial do PLA seja mais elevado, os resultados indicam que, em médio e longo prazo, a tecnologia de impressão 3D pode contribuir para a redução de desperdícios e maior eficiência na utilização de recursos, compensando o investimento inicial. Além disso, o impacto financeiro relacionado ao descarte inadequado do gesso hospitalar raramente é contabilizado, o que reforça a necessidade de um olhar mais abrangente sobre os custos reais dos materiais. Incentivos governamentais e subsídios para práticas sustentáveis poderiam acelerar a adoção do PLA no setor hospitalar.

Sustentabilidade Social: do ponto de vista social, os benefícios do PLA, como maior conforto e personalização das órteses, são evidentes. Dispositivos mais leves e ajustados à anatomia do paciente proporcionam maior adesão ao tratamento e melhoram a experiência geral do usuário. Para os profissionais de saúde, a facilidade de aplicação e remoção dos dispositivos de PLA reduz a carga de trabalho, promovendo eficiência operacional. Contudo, barreiras culturais e institucionais ainda podem limitar a aceitação ampla do material, exigindo programas de treinamento e conscientização.

Limitações do Estudo: este estudo utilizou apenas fontes secundárias, o que limita a generalização dos resultados. Não foram realizados testes práticos ou estudos clínicos para validar os impactos do PLA em cenários reais. Além disso, as condições específicas de compostagem e reciclagem do PLA podem variar significativamente entre regiões, o que pode influenciar os resultados em diferentes contextos.

7. Considerações Finais

Este estudo comparativo entre o PLA e o gesso hospitalar, sob os três eixos da sustentabilidade, evidencia o crescente potencial do PLA como uma alternativa viável e inovadora para o setor de saúde. Os resultados demonstram que, apesar do gesso ser amplamente utilizado devido ao seu baixo custo inicial, suas limitações ambientais, econômicas e sociais tornam urgente a busca por soluções mais sustentáveis.

O PLA destacou-se em todos os critérios avaliados. Sua fabricação a partir de fontes renováveis, biodegradabilidade e menor impacto ambiental proporcionam vantagens



significativas sobre o gesso, especialmente em um momento em que a gestão de resíduos hospitalares se torna cada vez mais crítica. No âmbito econômico, apesar de apresentar custos iniciais mais elevados, o PLA oferece benefícios de longo prazo, como redução de desperdícios e maior eficiência no uso de recursos. Do ponto de vista social, o conforto e a personalização proporcionados pelas órteses de PLA são fatores que melhoram significativamente a experiência do paciente e facilitam o trabalho dos profissionais de saúde.

A transição para materiais mais sustentáveis, como o PLA, é essencial para alinhar as práticas hospitalares às demandas contemporâneas de responsabilidade ambiental e inovação tecnológica. Contudo, a adoção em larga escala requer a implementação de políticas públicas que promovam incentivos à sustentabilidade, bem como a realização de estudos clínicos para validar a eficácia do PLA em diferentes contextos de aplicação. Além disso, é fundamental desenvolver protocolos padronizados para sua produção e utilização, garantindo segurança e acessibilidade.

O presente estudo contribui para o avanço das discussões sobre sustentabilidade no setor de saúde e oferece uma base sólida para futuras pesquisas. Investigações futuras poderiam explorar a integração de novos materiais biodegradáveis com tecnologias de impressão 3D, além de avaliar a viabilidade do uso do PLA em outros dispositivos médicos. Assim, espera-se que este trabalho inspire inovações e práticas que promovam um equilíbrio sustentável entre impacto ambiental, viabilidade econômica e bem-estar social (Bradford & Zhang, 2024; Naser et al., 2021).

8. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

Referências

ALMEIDA, I. G. de; SILVA, D. O. Armazenamento, destinação e uso dos resíduos de gesso na construção civil: uma revisão bibliográfica. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 2021. ISSN: 2448-0959.

BRADFORD, Lori; ZHANG, Wenjun. Biodegradable Alternatives to Plastic in Medical Equipment: Current State, Challenges, and the Future. *Journal of Composite Science*, v. 8, n. 9, p. 342, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6412/8/9/342>. Acesso em: 28 nov. 2024.

GREEN, J. H. Sustainable Alternatives to Traditional Plaster in Healthcare. *Journal of Environmental Health*, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-020-01487-5>. Acesso em: 8 out. 2024.

International Journal of Environmental Research and Public Health. Environmental Impact of Plaster Casts in Orthopedics. 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/journal/ijerph?authAll=true>. Acesso em: 8 out. 2024.



- KACZMAREK, Andrzej et al. Sustainability of PLA-based Polymers in the Medical Industry. *Journal of Biomedical Materials Research*, v. 32, p. 123-139, 2020. Disponível em: <https://www.jbmtr.org/articles/pla-based-polymers-in-medical>. Acesso em: 8 out. 2024.
- KUCERA, Michael P. Sustainable Polymers: The Role of PLA in Reducing Plastic Waste. *Journal of Cleaner Production*, v. 32, p. 567-580, 2020. Disponível em: <https://www.jcleanprod.org/PLA-sustainability>. Acesso em: 8 out. 2024.
- LEAL FILHO, W., LUETZ, J. M., THANEKAR, U. D., DINIS, M. A. P., & FORRESTER, M. Climate-friendly healthcare: reducing the impacts of the healthcare sector on the world's climate. *Sustainability Science*, 19, 1103–1109, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-024-01487-5>. Acesso em: 8 out. 2024.
- MONTAYA, Juliana. PLA: Sustainable Future? *Plastics Engineering*, 27 fev. 2024. Disponível em: <https://www.plasticsengineering.org/PLA-sustainability>. Acesso em: 8 out. 2024.
- NASCIMENTO, L. C. do. Gestão de qualidade e produtividade em lavanderia hospitalar: uma avaliação do processo e propostas de melhorias. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 2018. ISSN: 2448-0959.
- NASER, Ahmed Z.; DEIAB, I.; DARRAS, B. M. Poly(lactic acid) (PLA) and Polyhydroxyalkanoates (PHAs), Green Alternatives to Petroleum-based Plastics: A Review. *RSC Advances*, v. 11, p. 17151-17196, 2021. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/RA02390J>. Acesso em: 8 out. 2024.
- PINHEIRO, S. M. M. Gesso pode ser reciclado indefinidamente. 2013. Instituto de Engenharia. Disponível em: <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2013/01/17/gesso-pode-ser-reciclado-indefinidamente/>. Acesso em: 27 mar 2025.
- PIRES, Ricardo et al. Sustainable Materials in Healthcare: PLA as a Viable Alternative. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 5, p. 1115, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/5/1115>. Acesso em: 8 out. 2024.
- SILVA, B. C. do Nascimento. Dificuldades enfrentadas pelo administrador hospitalar. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 2022. ISSN: 2448-0959.
- SILVA, D. O.; ALMEIDA, I. G. de. Saúde Deficit no Processo de Logística Hospitalar: Desafio para uma Gestão Eficiente no Contexto da Saúde Pública Brasileira. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 2019. ISSN: 2448-0959.
- SILVA, D. O.; MIRANDA, I. de S. Utilizando resíduos como ferramenta para educação ambiental e o ensino da química. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 2019. ISSN: 2448-0959.
- SILVA, E. A., & PEREIRA, J. L. Energy Consumption in the Production of Medical Plaster. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123456, 2021. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/papers/journals/2023/2023_jcp_02.pdf. Acesso em: 8 out. 2024.



SMITH, M. J. Environmental Challenges and Sustainable Alternatives to Hospital Plaster. *Journal of Environmental Health*, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-023-01487-5>. Acesso em: 8 out. 2024.

SMITH, John. Environmental Impact of Medical Casts. *Environmental Health Journal*, v. 37, n. 2, p. 45-52, 2023. Disponível em: <https://www.jenvhealth.org/casts-impact>. Acesso em: 8 out. 2024.

SPIELMANN, D. D. Gesso como material de construção: uma análise de seus impactos desde a produção ao descarte. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/30082>. Acesso em: 27 mar 2025.

THOMAS, N., & Manthena, P. The Role of 3D Printing in Sustainable Medical Devices. *Journal of Cleaner Production*, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1016/j.jclepro.2021.123456>. Acesso em: 8 out. 2024.

THOMAS, R.; MANTHENA, V. Sustainability of PLA in Medical Applications: Advantages and Limitations. *Materials Science Journal*, v. 12, p. 34-46, 2021. Disponível em: <https://www.matjournal.org/pla-advantages>. Acesso em: 8 out. 2024.

Xavier, R. V., Ramos, F. M., Silva, L. M. da, Souza, T. R. de, & Schuh, C.. Fatores explicativos do nível de sustentabilidade das instituições hospitalares brasileiras acreditadas. *ConTexto - Contabilidade em Texto*, 18(39), 61-71, 2018. Recuperado de <https://seer.ufrgs.br/ConTexto/article/view/93779>