

CONSIDERAÇÕES SOBRE A VIABILIDADE DO USO DO MILABS U-CT IN VIVO DIAGNOSTIC
PRECLINICAL X-RAY CT SCANNER (MICROTOMOGRÁFIA COMPUTADORIZADA) NO ÂMBITO DA
PESQUISA BIOARQUEOLÓGICA, PALEONTOLÓGICA, PESQUISA PRÉ-CLÍNICA E CLÍNICA E NO
CAMPO DAS CIÊNCIAS FORENSES (ANTROPOLOGIA E ENTOMOLOGIA FORENSE)

*CONSIDERACIONES SOBRE LA VIABILIDAD DE LA UTILIZACIÓN DEL MILABS U-CT IN VIVO DIAGNOSTIC
PRECLINICAL X-RAY CT SCANNER (TOMOGRÁFIA MICROCOMPUTADA) EN LA INVESTIGACIÓN
BIOARQUEOLÓGICA, PALEONTOLÓGICA, PRECLÍNICA Y CLÍNICA Y EN EL ÁMBITO DE LAS CIENCIAS FORENSES
(ANTROPOLOGÍA Y ENTOMOLOGÍA FORENSE)*

Sebastião Lacerda de Lima Filho¹

Ana Paula Negreiros Nunes Alves²

Manoel Odorico de Moraes Filho³

Marcos Tadeu Ellery Frota⁴

Allysson Allan de Farias⁵

1 Doutorando em Medicina Translacional pelo PPGMDT/UFC. Bacharelado em Biomedicina. Bacharel, mestre e doutor em Arqueologia. Pós-doutor em Antropologia/História. Coordenador da Reserva Técnica Arqueológica (RTA), do Laboratório de Bioarqueologia Translacional (LABBAT), UFC. Pesquisador assistente (área de Antropologia e Entomologia Forense) da Perícia Forense do Estado do Ceará (PEFOCE). E-mail: arqueologiasobradinho@gmail.com

2 Doutora em Farmacologia pela UFC. Professora do PPGMDT em Medicina Translacional. Pesquisadora do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM), Universidade Federal do Ceará (UFC). E-mail: ananegreirosnunes@gmail.com

3 Coordenador do PPGMDT em Medicina Translacional e do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM), Universidade Federal do Ceará (UFC). Pesquisador do Laboratório de Bioarqueologia Translacional (LABBAT). Bolsista de Produtividade 1A do CNPq. E-mail: odorico@ufc.br

4 Doutorando em Medicina Translacional pelo PPGMDT/UFC. Pesquisador do Laboratório de Bioarqueologia Translacional (LABBAT). Médico Legista responsável pelo Setor de Antropologia Forense da PEFOCE. E-mail: werneckfrota@gmail.com

5 Biólogo com mestrado em Arqueologia. Doutor em Genética pela Universidade de São Paulo (USP). Professor do PPGMDT em Medicina Translacional/NPDM – UFC e Pesquisador do Laboratório de Bioarqueologia Translacional (LABBAT). E-mail: allyssonallan@gmail.com



RESUMO

Este documento ressalta as oportunidades oferecidas pelo uso do uso do *Milabs u-ct in vivo diagnostic preclinical x-ray ct scanner* (microtomografia) em diversas áreas de pesquisa, sublinhando sua relevância em estudos bioarqueológicos que envolvem restos humanos. Ademais, destaca sua utilidade na avaliação de materiais ósseos na antropologia forense, assim como em investigações entomológicas na entomologia forense e nas análises paleontológicas, além de aplicações em pesquisas pré-clínicas e clínicas. O objetivo é mostrar os avanços tecnológicos e científicos, bem como suas aplicações nesses campos do conhecimento e da perícia, ajudando a minimizar os impactos sobre as evidências tratadas em diferentes setores.

Palavras-chave: Microtomografia. Bioarqueologia. Antropologia e Entomologia Forense. Paleontologia. Análises Pré-clínicas e Clínicas. Conservação e preservação de amostras. Avanços tecnológicos.

RESUMEN: Este documento destaca las oportunidades que ofrece el uso del

Milabs u-ct in vivo diagnostic preclinical x-ray ct scanner (microtomografía) en diversas áreas de investigación, subrayando su relevancia en estudios bioarqueológicos con restos humanos. También destaca su utilidad en la evaluación de materiales óseos en antropología forense, así como en investigaciones entomológicas en entomología forense y análisis paleontológicos, además de aplicaciones en investigación preclínica y clínica. El objetivo es mostrar los avances tecnológicos y científicos, así como sus aplicaciones en estos campos del conocimiento y la medicina forense, contribuyendo a minimizar el impacto sobre las pruebas que se manejan en los diferentes sectores.

Palabras clave: Microtomografía. Bioarqueología. Antropología y Entomología Forense. Paleontología. Análisis preclínicos y clínicos. Conservación y preservación de muestras. Avances tecnológicos.

INTRODUÇÃO

A utilização do *Milabs u-ct in vivo diagnostic preclinical x-ray ct scanner* (scanner de tomografia computadorizada MILabs U-CT *in vivo*), também conhecido como microtomógrafo, apresenta uma série de potencialidades para o campo científico, seja em pesquisas bioarqueológicas, pesquisas paleontológicas, no campo das análises pré-clínicas e clínicas e ainda em investigações periciais (Hainsworth, 2022; Moore & Mickleburgh, 2020).

No campo da Bioarqueologia e da Antropologia Forense representa um avanço significativo para a análise não invasiva de elementos biológicos e culturais (Mann & Hunt, 2016; Larsen, 2018). Na área da Bioarqueologia, essa tecnologia permite uma investigação detalhada de restos humanos e de animais antigos, revelando microestruturas ósseas e evidências de patologias ou danos sem prejudicar as amostras. Essa estratégia é fundamental para preservar a integridade do contexto arqueológico e o valor histórico de objetos frequentemente frágeis (Mann & Hunt, 2016). A capacidade do *MILabs U-CT* de gerar imagens tridimensionais de alta qualidade torna possível a identificação de sinais discretos, como infecções ou processos de remodelação óssea, que seriam difíceis de detectar por meio de métodos tradicionais (MILabs:



a Rigaku Company, 2024).

Na esfera da Antropologia Forense, a utilização de scanners é crucial para investigar casos, sejam eles recentes ou históricos, proporcionando dados detalhados sobre as condições relacionadas ao falecimento (Moore & Mickleburgh, 2020; Clarkson & Marsden, 2022). Esses instrumentos são particularmente eficientes na detecção de lesões, como fraturas e marcas deixadas por ferramentas, além de contribuírem para a reconstrução dos acontecimentos que levaram à morte (Woźniak et al, 2022). As imagens geradas também são valiosas na determinação de características biológicas, como idade, gênero e origem, com alta precisão (Hainsworth, 2022). Em casos que envolvem diversos restos mortais, o MILabs U-CT torna mais fácil distinguir entre os indivíduos e identificar danos ocorridos *post-mortem*, o que se revela vital para esclarecer eventos forenses complexos (Blau, Ranson & Boer, 2022; Weyrauch, 2022; Ubelaker, 2008).

Em se tratando da aplicação do *MILabs U-CT in vivo diagnostic preclinical X-Ray CT scanner* no campo da entomologia forense, é possível considerar seu potencial, já que ele oferece a capacidade de realizar análises não invasivas em insetos, pupas e larvas encontrados em corpos, que são frequentemente utilizados para determinar o intervalo pós-morte (IPM) (Hainsworth, 2022; Oliveira-Costa, 2024; Smith, 1986). Essa tecnologia permite a visualização minuciosa das estruturas internas e externas de larvas, pupas e insetos adultos, eliminando a necessidade de dissecação e garantindo a integridade das amostras para pesquisas futuras (Gomes, 2010). Ademais, o equipamento é capaz de detectar vestígios de alimentação nos tecidos ou em outros materiais biológicos, o que fornece dados sobre a ordem de colonização e os hábitos alimentares das espécies (Corseuil, 2003). A alta resolução do MILabs U-CT também favorece uma identificação taxonômica precisa, mesmo em fases imaturas, e possibilita a análise de microestruturas que podem contribuir para a compreensão das condições ambientais durante o processo de decomposição, por exemplo.

Portanto, apesar dos benefícios, a adoção dessa tecnologia implica desafios significativos (Semedo, 2016). Um dos principais impedimentos é a necessidade de uma infraestrutura apropriada e de capacitação técnica para operar os dispositivos e interpretar os dados gerados (MILabs: a Rigaku Company, 2024; Semedo, 2016). Além disso, as imagens podem ser afetadas por distorções causadas por inclusões minerais ou fragmentações, especialmente em amostras bioarqueológicas (DuPlessis, Broeckhoven & Roux, 2017). Existem ainda preocupações éticas e legais associadas à manipulação de restos humanos, tanto em contextos históricos quanto atuais (Ubelaker, 2008), que exigem uma consideração cuidadosa para equilibrar as demandas de pesquisa com o respeito às questões culturais e jurídicas.

Logo, a integração do MILabs U-CT com outras abordagens, como análises isotópicas e genômicas, amplia consideravelmente suas utilizações, possibilitando uma exploração mais detalhada do material examinado. Por fim, esta pesquisa se revela como uma oportunidade para investigar as potencialidades de métodos e tecnologias que podem aprimorar o entendimento científico em áreas como a bioarqueologia e as ciências forenses.



APRESENTAÇÃO RESUMIDA DO MILABS U-CT IN VIVO DIAGNOSTIC PRECLINICAL X-RAY CT SCANNER (SCANNER DE TC DE RAIOS X PRÉ-CLÍNICO DE DIAGNÓSTICO IN VIVO MILABS U-CT)

O scanner *MILabs U-CT in vivo diagnostic preclinical X-Ray CT scanner* scanner de tomografia computadorizada *MILabs U-CT in vivo*), também conhecido como microtomógrafo, é uma ferramenta avançada destinada ao diagnóstico pré-clínico, especialmente em estudos que utilizam modelos animais. Desenvolvido para oferecer imagens de alta definição com baixa exposição à radiação, ele consegue realizar a varredura integral do corpo de um camundongo em apenas cinco segundos (menos de 2 mGy). Além disso, o sistema possui recursos como imagens dinâmicas de tomografia computadorizada (DCE), escaneamento multifocal, fluoroscopia de alta velocidade e monitoramento sincronizado das atividades cardíacas e respiratórias, o que o torna ideal para pesquisas longitudinais e multimodais em diversas áreas científicas (*MILabs: a Rigaku Company, 2024*). Além de seu uso em estudos com pequenos animais, suas aplicações são valiosas na pesquisa bioarqueológica, assim como em investigações no campo da antropologia e entomologia forense, pois possibilita a análise e conservação dessa variedade de amostras.

O aparelho pode ser adaptado para capturar imagens de modelos animais de tamanho médio, como furões e coelhos. Entre suas principais qualidades, destacam-se: rapidez - varredura total do corpo do camundongo em 5 segundos; dose extremamente reduzida - até 2 mGy para todo o corpo do animal; elevado desempenho - aquisições dinâmicas *multi-gated* que permitem a análise de até quatro camundongos simultaneamente; resolução *in vivo* excepcionalmente alta - voxel com tamanho de 2,4 μm ; grande versatilidade - compatível com camundongos, ratos, coelhos e amostras resfriadas a criopreservação; aquisições de tomografia computadorizada espectral; além de possibilidade de atualização para imagens de tomografia molecular, incluindo PET, SPECT e módulos de imagens ópticas (*MILabs: a Rigaku Company, 2024*).

No que diz respeito às opções de desempenho, há quatro níveis disponíveis de acordo com as exigências do usuário: U-CT XUHR, que oferece resolução extra-ultra-alta com voxel reconstruído de até 2,4 μm , utilizando um suporte de amostra *ex vivo* específico; U-CT UHR, que tem ultra-alta resolução com voxel reconstruído de até 4 μm ; U-CT HR, que proporciona alta resolução com voxel reconstruído de até 10 μm ; e TC SD padrão, que apresenta voxel reconstruído de até 30 μm . Quanto às funcionalidades diagnósticas, o sistema U-CT pode ser ajustado para imagens *in vivo* e conta com recursos avançados, como: tomografia computadorizada com contraste dinâmico e varreduras de energia simples ou dupla; imagens fluoroscópicas ultrarrápidas com até 66 quadros por segundo; varredura DEXA; endoscopia virtual e monitoramento cardíaco e respiratório (com ou sem sensor), conforme necessário. Além disso, o U-CT tem a capacidade de capturar imagens de até quatro camundongos simultaneamente, aproveitando todas essas funcionalidades (*MILabs: a Rigaku Company, 2024*) (Figura 01).

Há uma aplicação significativa direcionada ao avanço na atualização de tomografia computadorizada (TC) molecular. O aparelho U-CT pode funcionar como um TC de diagnóstico autônomo ou ser totalmente

incorporado aos módulos de PET, SPECT e imagens ópticas desenvolvidos pela MILabs. Ao preservar as funcionalidades do TC de diagnóstico, a combinação de diferentes metodologias de imagem molecular expande suas possibilidades além da simples utilização em conjunto e de outros sistemas híbridos, proporcionando uma compreensão mais aprofundada e acelerando o progresso das pesquisas (MILabs: a Rigaku Company, 2024).

Para além disso, o potencial e o diferencial do microtomógrafo está justamente na possibilidade de se trabalhar com diferentes amostras sejam elas *in vivo* ou inanimadas, ressaltando com isso seu potencial para pesquisas em diferentes campos da ciência de maneira geral (Figura 02).



FIGURA 01: VISTA GERAL DO MILABS U-CT IN VIVO DIAGNOSTIC PRECLINICAL X-RAY CT SCANNER (MICROTOMÓGRAFO).



FIGURA 02: VISTA PARCIAL DOS DEMAIS APARELHOS E SUPORTES QUE INTEGRAM O MICROTOMÓGRAFO.

RESUMO DAS POTENCIAIS APLICAÇÕES EM BIOARQUEOLOGIA, PALEONTOLOGIA E NAS CIÊNCIAS FORENSES (INCLUINDO ANTROPOLOGIA E ENTOMOLOGIA FORENSE)

É importante ressaltar, nesta breve apresentação, que a utilização do *MILabs U-CT in vivo diagnostic preclinical X-Ray CT scanner* em investigações bioarqueológicas e nas ciências forenses (incluindo antropologia e entomologia forense) possui um enorme potencial, além de enfrentar desafios consideráveis. Estes desafios estão, em grande parte, ligados ao interesse do investigador e à maneira como os dados são coletados, processados e como eles atendem às suas hipóteses após a análise e interpretação das informações.

A microtomografia computadorizada, ou micro-CT, é uma novidade importante nas áreas de bioarqueologia e pesquisa forense, permitindo a realização de análises detalhadas e não destrutivas de estruturas biológicas e artefatos históricos, por exemplo (Frota, Lima Filho, Moraes Filho & Maia, 2024, no prelo). O Milabs U-CT se destaca por sua alta resolução e adaptabilidade, possibilitando uma avaliação minuciosa de restos humanos, objetos arqueológicos e evidências biológicas em investigações forenses. Na bioarqueologia, essa tecnologia é essencial para examinar a composição interna de ossos, dentes e tecidos mineralizados, fornecendo informações sobre doenças antigas, padrões de desgaste e traumas, que ajudam a reconstituir modos de vida e contextos históricos (Larsen, 2018). Tais contextos são extremamente relevantes para compreensão da dinâmica humana, por exemplo das populações pré-históricas que ocuparam os mais variados espaços e nichos ecológicos do Nordeste brasileiro. Sua aplicação não invasiva, termina fornecendo dados que não impactam diretamente as amostras foco da investigação e colabora, por si mesmo para a conservação de muitos desses vestígios já tão frágeis (Semedo, 2016; Ubelaker, 2008; Du Plessis et al., 2017).



Uma aplicação fundamental da microtomografia computacional (U-CT) é o estudo de processos tafonômicos em restos humanos e artefatos arqueológicos (Larsen, 2018; Ubelaker, 2008). Com o uso da microtomografia, é possível detectar alterações biológicas, como danos causados por microorganismos, bem como modificações que surgem após a deposição dos objetos, em decorrência de fatores ambientais (Mann & Hunt, 2016). Essa identificação é vital para entender a preservação de vestígios arqueológicos e para a interpretação correta de evidências em contextos forenses. Por exemplo, indícios de deterioração óssea podem revelar informações sobre as condições do enterramento e a sequência de eventos que se desenrolaram após a morte (Ubelaker, 2008, Mann & Hunt, 2016; Moore & Mickleburgh, 2020).

No campo da extração e do sequenciamento genético de amostras coletadas no âmbito da pesquisa bioarqueológica, é relevante considerar que a microtomografia (micro-CT) é uma ferramenta não destrutiva para a triagem preliminar de ossos arqueológicos antes da extração de DNA antigo (aDNA) (Hollund et al., 2016; Ottonelli, et al., 2020; Kazanc & Bromage, 2019). Ao gerar imagens tridimensionais de alta resolução, a micro-CT permite que os pesquisadores avaliem a preservação dos ossos, a estrutura interna e a porosidade sem danificar os espécimes (Ottonelli, et al., 2020). Essa avaliação é crucial, pois o grau de alterações diagenéticas pode impactar significativamente a qualidade e a quantidade de aDNA recuperável (Hollund et al., 2016). Estudos demonstraram que a micro-CT pode prever efetivamente o conteúdo de colágeno, que está correlacionado com a preservação do DNA, auxiliando assim na seleção de amostras adequadas para análises genéticas (Kazanc & Bromage, 2019). Além disso, pesquisas indicam que as doses de radiação provenientes da micro-CT não comprometem significativamente a integridade do aDNA, garantindo que análises genéticas subsequentes permaneçam viáveis. Portanto, integrar a micro-CT nas etapas preparatórias de estudos de aDNA aumenta a eficiência da seleção de amostras e preserva a integridade de materiais arqueológicos inestimáveis (Hollund et al., 2016; Ottonelli, et al., 2020; Kazanc & Bromage, 2019).

Nas ciências forenses, o Milabs U-CT se destaca pela sua eficácia na detecção de lesões e traumas (Moore & Mickleburgh, 2020). Sua capacidade de gerar imagens de alta precisão possibilita a revelação de fraturas ocultas, microfissuras e marcas deixadas por armas ou instrumentos. Durante investigações criminais, essas informações podem ser cruciais para elucidar a causa e o mecanismo da morte (Moore & Mickleburgh, 2020). Além disso, essa tecnologia é útil na comparação de ferimentos com objetos suspeitos, contribuindo para estabelecer conexões entre a vítima e a cena do crime. Essa precisão transforma o U-CT em uma ferramenta indispensável na análise de restos humanos em casos complexos (MILabs: a Rigaku Company, 2024).

No campo de investigação da entomologia forense, a microtomografia se destaca como uma inovação que permite a análise detalhada de insetos associados a cadáveres em fase de decomposição (Hainsworth, 2022; Oliveira-Costa, 2024; Smith, 1986). A avaliação em três dimensões de larvas, pupas e ovos facilita a identificação das espécies e a avaliação de seus estágios de desenvolvimento, contribuindo para a determinação do intervalo pós-morte (IPM) (Gomes, 2010). A habilidade de examinar estruturas internas sem necessitar de dissecação mantém a integridade das amostras e aumenta a precisão das informações coletadas. Assim, o U-CT se configura como um recurso indispensável tanto para investigações policiais quanto para



estudos ecológicos relacionados à decomposição (Hainsworth, 2022; Oliveira-Costa, 2024; Gomes, 2010).

Uma aplicação relevante do U-CT é sua utilização nas reconstruções digitais e faciais no âmbito da antropologia forense. Essa tecnologia gera modelos tridimensionais altamente precisos de crânios e esqueletos, que podem ser utilizados em reconstruções faciais forenses ou na avaliação de características biológicas de indivíduos e populações históricas (Frota, Lima Filho, Moraes Filho & Maia, 2024, no prelo). Essas reconstruções são fundamentais para a identificação de vítimas, especialmente em situações que envolvem restos humanos fragmentados ou deteriorados (Ubelaker, 2008). Na bioarqueologia, a modelagem digital também ajuda a preservar informações sobre estruturas delicadas que poderiam ser comprometidas por métodos tradicionais (Frota, Lima Filho, Moraes Filho & Maia, 2024, no prelo).

Um outro aspecto que merece destaque é o direcionado à investigação paleontológica, pois a utilização do microtomógrafo possibilita a exploração de fósseis de forma não invasiva e com uma resolução microscópica (Garwood, 2014). Essa tecnologia é capaz de produzir imagens tridimensionais detalhadas, revelando tanto as estruturas internas quanto externas dos fósseis, incluindo padrões de ossificação, a morfologia interna de ossos, dentes e tecidos mineralizados, além de vestígios preservados de tecidos moles e minerais associados (Racicot, 2016; Sutton & Garwood, 2014). Isso permite a identificação de características anatômicas sutis, a reconstituição digital de espécimes danificados e comparações com espécies contemporâneas e extintas, ampliando o entendimento sobre a evolução e a ecologia de organismos do passado (Racicot, 2016; Sutton & Garwood, 2014). Ademais, o microtomógrafo possibilita a análise de fósseis embutidos em rochas sem a necessidade de remoção, garantindo a preservação do material original e facilitando o acesso à informações valiosas sobre a história evolutiva em uma área de estudo, a citar, por exemplo, o vale dos dinossauros em Souza (Paraíba), ou a chapada do Araripe na divisa dos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí.

Para finalizar, o *Milabs u-ct in vivo diagnostic preclinical x-ray ct scanner* (scanner de tomografia computadorizada MILabs U-CT *in vivo*), oferece uma abordagem inovadora e dinâmica para a pesquisa interdisciplinar, reunindo, por exemplo, os campos de interesse, neste trabalho, sejam eles bioarqueologia, ciências forenses (antropologia e entomologia), pesquisa pré-clínica e clínica, e paleontologia. Sua capacidade de revelar minuciedades em nível microscópico com precisão excepcional favorece o desenvolvimento de aplicação em diversas disciplinas (MILabs: a Rigaku Company, 2024). Além de seu uso imediato, essa tecnologia propicia a formulação de novas metodologias e diretrizes de estudo, ampliando as oportunidades investigativas nos diferentes campos do saber. A implementação desta ferramenta representa um progresso significativo na valorização de análises não destrutivas e de alta qualidade como padrão em diferentes campos de pesquisa (MILabs: a Rigaku Company, 2024; LabX, 2024; Imperial Life Sciences Limited, 2023).

3.1.1 APLICAÇÃO NO CAMPO DA PESQUISA PRÉ-CLÍNICA E CLÍNICA

O *MILABS U-CT in vivo diagnostic preclinical x-ray CT scanner* foi especificamente desenvolvido para investigações clínicas e pré-clínicas. Esta ferramenta é fundamental para a captura de imagens



tridimensionais com alto nível de detalhe, possibilitando a visualização exata das estruturas internas de animais de laboratório de maneira não invasiva, ao contrário dos métodos tradicionais utilizados em biotérios ao redor do mundo. Sua utilização na pesquisa pré-clínica é ampla, englobando estudos em modelos animais de várias doenças, fornecendo informações cruciais sobre a evolução de patologias, a eficácia de tratamentos experimentais e a avaliação de dispositivos médicos (MILabs: a Rigaku Company, 2024; LabX, 2024; Imperial Life Sciences Limited, 2023).

Na fase de pesquisa pré-clínica, o uso do scanner MILABS U-CT é fundamental para o monitoramento contínuo dos impactos de tratamentos em modelos animais, possibilitando a coleta de informações antes, durante e depois do tratamento (MILabs: a Rigaku Company, 2024). A capacidade de realizar exames não invasivos e de produzir imagens de alta definição das estruturas ósseas, musculares, vasculares e órgãos internos torna esse scanner uma ferramenta imprescindível para avaliar a eficiência de novos medicamentos, dispositivos médicos ou terapias genéticas. Ademais, permite a detecção precoce de anomalias que poderiam não ser notadas em exames clínicos tradicionais (MILabs: a Rigaku Company, 2024; LabX, 2024; Imperial Life Sciences Limited, 2023).

Na área da pesquisa clínica, o uso do scanner MILABS U-CT ultrapassa a experimentação com modelos animais, abrangendo investigações translacionais nas quais os resultados em animais são relacionados a informações clínicas em humanos. Essa tecnologia é empregado para criar e confirmar novas estratégias de diagnóstico por imagem, assim como para avaliar a segurança e a eficácia de terapias inovadoras. Sua alta resolução e habilidade para captar detalhes sutis possibilitam que médicos e pesquisadores observem de maneira detalhada o progresso de doenças, como câncer, condições cardiovasculares e doenças neurodegenerativas, desde suas fases iniciais (MILabs: a Rigaku Company, 2024; LabX, 2024; Imperial Life Sciences Limited, 2023).

Em termos de inovação, o *MILABS U-CT in vivo scanner* também se destaca por seu papel na personalização dos tratamentos. Ao permitir a análise precisa de como cada modelo animal responde ao tratamento, ele auxilia na criação de terapias mais eficazes e menos invasivas. Seja no campo da pesquisa pré-clínica e no contexto clínico, isso pode ser uma etapa fundamental para a transição de tratamentos experimentais para a prática médica, promovendo uma compreensão mais profunda das doenças e otimizando as estratégias terapêuticas de forma individualizada (MILabs: a Rigaku Company, 2024; LabX, 2024; Imperial Life Sciences Limited, 2023).

3.1.2 PANORAMA GERAL DO TREINAMENTO PARA REALIZAÇÃO DAS PRIMEIRAS APLICAÇÕES EM CONTEXTOS DE PESQUISA NO NÚCLEO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE MEDICAMENTOS (NPDM) / UFC.

Nos dias 27 de novembro, 11 e 12 de dezembro de 2024, ocorreu um treinamento voltado para o

aprendizado dos procedimentos operacionais e a utilização deste equipamento em investigações nas áreas de bioarqueologia, paleontologia, pesquisa pré-clínica e clínica e análises forenses. A antropologia e a entomologia forense despertaram o interesse de alguns dos pesquisadores participantes, uma vez que a utilização do microtomógrafo pode ser bastante útil em análises periciais. O grupo de trabalho é composto por pesquisadores e estudantes de pós-graduação do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM) da UFC.

No dia 27, foi possível compreender de uma forma parcial os aspectos técnicos e de montagem, além dos procedimentos operacionais, manuseio e preparo de amostras. Por exemplo, os dentes da equipe de patologia clínica e um fragmento osteológico (parte de um rádio) da bioarqueologia foram previamente analisados no microtomógrafo, resultando em dados fascinantes, principalmente ao considerarmos o estado de preservação dessas amostras, sua mineralização e os desgastes internos observados em uma análise inicial no equipamento (Fig. 03 e 04). Na mesma ocasião, foi mostrado o uso do scanner em ratos vivos (anestesiados) e suas possibilidades na área de investigação pré-clínica e clínica. O primeiro dia de treinamento representou um importante passo para a aproximação dos diferentes grupos de trabalho e das linhas de pesquisa interessadas nas aplicações e nos resultados que a microtomografia pode proporcionar para seus estudos atuais e futuros (Figura 05).



FIGURA 03: VISTA PARCIAL DO GRUPO DE TRABALHO DURANTE O PRIMEIRO DIA DE TREINAMENTO PARA USO DO MILABS U-CT IN VIVO DIAGNOSTIC PRECLINICAL X-RAY CT SCANNER (MICROTOMÓGRAFO).



FIGURA 04: APRESENTAÇÃO DE PARTE DAS ATIVIDADES E DADOS INICIAIS GERADOS COM A UTILIZAÇÃO DO MILABS U-CT IN VIVO DIAGNOSTIC PRECLINICAL X-RAY CT SCANNER (MICROTOMÓGRAFO).

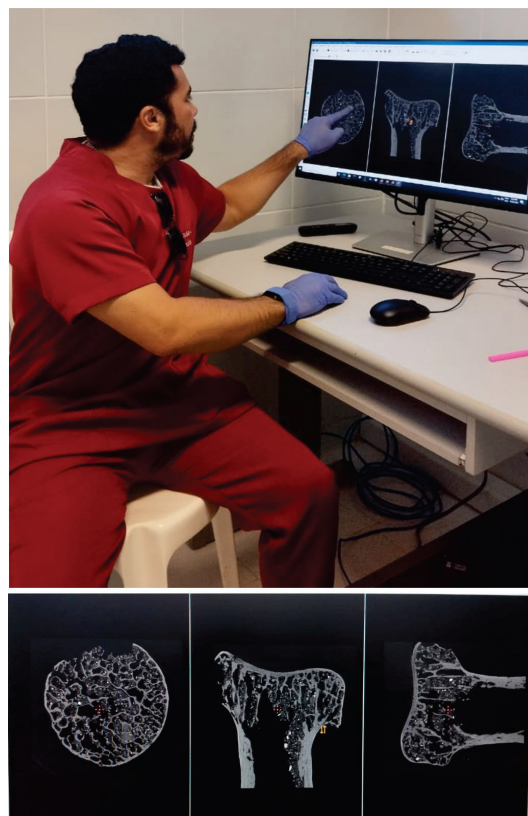


FIGURA 05: APRESENTAÇÃO DE PARTE DAS ATIVIDADES E DADOS INICIAIS GERADOS COM A UTILIZAÇÃO DO MILABS U-CT IN VIVO DIAGNOSTIC PRECLINICAL X-RAY CT SCANNER (MICROTOMÓGRAFO)



Na segunda fase do treinamento para o uso do microtomógrafo, que ocorreu nos dias 11 e 12 de dezembro de 2024, foi possível aprofundar a compreensão das funcionalidades do MILABS U-CT in vivo diagnostic preclinical x-ray CT scanner, tanto em relação a amostras biológicas quanto a objetos inanimados. Durante essa atividade, houve a oportunidade de interagir com o técnico responsável, o que possibilitou esclarecer dúvidas sobre a utilização do equipamento em amostras de ratos e camundongos, além de dentes utilizados nas investigações da patologia clínica, sob a coordenação da Professora Doutora Ana Paula Negreiros. As diversas imagens e aspectos gerados a partir desses materiais forneceram subsídios para várias discussões sobre as potenciais aplicações em diferentes tipos de amostras.

No dia 12 de dezembro de 2024, foram conduzidas atividades que possibilitaram a realização de análises preliminares de microtomografia em amostras de interesse paleontológico, incluindo uma parte de um fêmur e um dente pertencente a um grande mamífero, possivelmente de uma preguiça gigante (*Eremotherium*). O intuito foi avaliar a qualidade das imagens obtidas e determinar se era viável identificar estruturas internas que se conservaram durante o processo de fossilização. Durante essa ocasião, diversas observações foram registradas, destacando-se as seguintes:

- A utilização de amostras com peso superior a 500 gramas não é viável, pois isso pode prejudicar a base (bed's) onde o material será colocado para análise, sendo necessária a aquisição de bases maiores e mais resistentes.
- As reconstruções possibilitam a análise de densidade, porosidade e a execução de cálculos que levam à identificação de outros elementos pertinentes ao contexto morfológico e a integridade das amostras.
- A utilização em amostras paleontológicas revelou-se eficaz, tanto para os dentes quanto para os diferentes fragmentos de ossos usados.
- É essencial aprimorar os objetivos e, se viável, adquirir suportes (bed's) de maior dimensão que consigam sustentar uma quantidade maior de fósseis, e com isso permitir análise de materiais como peixes fossilizados.

As imagens a seguir mostram algumas atividades envolvendo diversos grupos que participaram do treinamento para o uso do microtomógrafo (Figura 06 e 07). É importante ressaltar que tal formação foi bastante produtiva e enriquecedora, pois não apenas ofereceu uma base técnica e operacional para a compreensão do equipamento, mas também destacou as possibilidades de pesquisa em várias áreas no NPDM/UFC (Figura 08 e 09). Além disso, promoveu a interação entre diferentes equipes que se uniram em busca de um conhecimento colaborativo e integral, contribuindo para a construção de uma ciência participativa, dinâmica e diversificada na Universidade Federal do Ceará (UFC). Para a equipe do laboratório de Bioarqueologia Translacional (LABBAT) e sua respectiva Reserva Técnica Arqueológica (RTA), foram identificadas diversas oportunidades de pesquisa em diferentes tipos de materiais, tanto do ponto de vista

da bioarqueologia quanto da paleontologia, além de permitir análises sob a ótica da arqueobotânica e de realizar escavações não invasivas em diversos conjuntos de evidências provenientes de variados projetos científicos, não só no Ceará, mas também na Paraíba, Rio Grande do Norte, Bahia e em outros contextos, tanto nacionais quanto internacionais.



FIGURA 06: VISTA DA PARTE DO GRUPO DE TRABALHO DURANTE TREINAMENTO PARA UTILIZAÇÃO DO MILABS U-CT SCANNER NO NPDM/UFC.



FIGURA 07: VISTA DE PARTE DA EQUIPE DURANTE PROCEDIMENTOS DE TREINAMENTO PARA UTILIZAÇÃO DO MILABS U-CT SCANNER NO NPDM/UFC.

No âmbito das investigações forenses, particularmente nas colaborações em andamento com a Perícia Forense do Ceará (PEFOCE), observou-se que a implementação dessas tecnologias tem se mostrado altamente eficaz e benéfica para a complementação das informações obtidas em análises forenses, além de contribuir para a elaboração de futuros laudos e relatórios técnicos que incorporam dados gerados por esses recursos tecnológicos na criação e análise de imagens. Assim, torna-se um recurso bastante apropriado nas áreas da Antropologia e Entomologia Forense em evolução na PEFOCE.



FIGURA 08: VISTA DE DIFERENTES MOMENTOS DURANTE UTILIZAÇÃO DE MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA PARA ANÁLISE DE AMOSTRAS PALEONTOLÓGICAS E DE RATOS (PESQUISA CLÍNICA).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *MILABS U-CT in vivo diagnostic preclinical x-ray CT scanner* (microtomógrafo) deve ser reconhecido como uma ferramenta valiosa para diversas áreas científicas e pesquisas em andamento no NPDM/UFC e na PEFOCE. Sua utilização tem mostrado resultados promissores especialmente em bioarqueologia, ciências forenses (como antropologia e entomologia forense), paleontologia e nas investigações realizadas em pesquisas pré-clínicas e clínicas, possibilitando estudos aprofundados sobre microestruturas e preservando as amostras analisadas. Entretanto, o êxito de sua aplicação requer planejamento cuidadoso para contornar desafios técnicos e logísticos, assim como assegurar uma abordagem colaborativa e ética no tratamento dos diversos materiais e amostras.

Na área da bioarqueologia, o emprego do *MILabs U-CT in vivo diagnostic preclinical X-Ray CT scanner* para análises adota um método que valoriza a conservação das amostras e a aquisição de informações relevantes para as pesquisas. Essas investigações podem abordar questões como enfermidades, paleopatologias, desgastes recentes vinculados à conservação das amostras e corrosão provocada pelo pH do solo, entre outros aspectos. Além disso, essa técnica possibilita a definição e o delineamento de estruturas anatômicas sem danificar o material, que por sua natureza já é extremamente delicado.

No campo da antropologia e entomologia forense, é fundamental considerar os aspectos legais e éticos, com o objetivo de proteger as particularidades e garantir que as análises sejam realizadas de maneira sensível, especialmente em situações que envolvem vítimas de crimes. Além disso, é essencial seguir todas as leis e normas locais relacionadas ao manejo de restos mortais e evidências forenses, especialmente no que diz respeito ao transporte para espaços fora da Pefoce, por exemplo. Essa questão é muito delicada devido à legislação que rege a cadeia de custódia das evidências e sua gestão. No entanto, com as autorizações adequadas e a aplicação de metodologias bem estruturadas e documentadas, essas análises podem ser adaptadas e executadas conforme as características de cada caso, assegurando um enfoque rigoroso e colaborativo para enfrentar as questões investigativas e legais sob a jurisdição da Perícia Forense.

Dessa forma, a microtomografia computadorizada (*MILabs U-CT in vivo diagnostic preclinical X-Ray CT scanner*) é um método de imagem que não causa danos e que pode ser utilizado para expor os aspectos internos de diferentes amostras, conforme já foi mencionado e ilustrado nas seções anteriores.

Assim, este estudo, embora seja inicial e representativo, teve como objetivo apresentar de maneira resumida os fundamentos da microtomografia e suas possíveis aplicações em pesquisas no contexto dos projetos do NPDM/UFC. Com o uso de tubos de raios X, é possível criar radiografias bidimensionais que, por meio de softwares específicos, são processadas para produzir imagens tridimensionais. Assim, fica evidente que o scanner de tomografia computadorizada MILabs U-CT in vivo diagnostic preclinical X-Ray CT também pode ser comparado a outras técnicas de tomografia computadorizada, pois oferece a diversos pesquisadores a oportunidade de acessar dados avançados e realistas para suas investigações.



Foi observado que a microtomografia computadorizada pode ser utilizada em diversas áreas da pesquisa científica, favorecendo a colaboração entre profissionais de distintas especializações, como arqueólogos, antropólogos, paleontólogos, entomólogos, biólogos, odontólogos, médicos em geral, farmacêuticos e radiologistas. Essa técnica oferece informações valiosas e detalhes precisos sobre os objetos em análise, enriquecendo os estudos e investigações tanto no âmbito acadêmico quanto fora das instituições de ensino superior.

A microtomografia computadorizada se consolidou como uma técnica inovadora em várias disciplinas da pesquisa científica, permitindo a obtenção de imagens não invasivas de estruturas morfológicas. Este documento inicial abordou as aplicações do scanner de micro-CT in vivo do MILabs em diferentes investigações, como Bioarqueologia translacional, paleontologia e ciências forenses, algumas delas em andamento no Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM) da UFC. Além disso, ressaltou sua importância nas análises periciais nas áreas de Antropologia e Entomologia Forense, com foco em casos avaliados pela Perícia Forense do Estado do Ceará (PEFOCE). Embora seja um estudo preliminar, este trabalho aponta as oportunidades para colaborações científicas e os avanços que podem ser alcançados, tanto em restos humanos antigos quanto em material ósseo recente. Também se considera a necessidade de investir em tecnologias adequadas para fortalecer e aprimorar as pesquisas, seja em instituições de ensino superior ou em centros de perícia forense no Brasil. Portanto, o trabalho visou sugerir algumas direções e inovações, estimulando a cooperação entre os diversos pesquisadores e peritos envolvidos nessa área de análise e seus resultados.

Por fim, o texto apresentou uma visão ampla sobre o *MILabs U-CT in vivo diagnostic preclinical X-Ray CT scanner*, abordando métodos e pontos cruciais a respeito de montagem, organização, configuração, digitalização, reconstrução, visualização e interpretações dos dados em etapas posteriores. O intuito principal foi realmente familiarizar novos usuários com os princípios e usos da microtomografia, sinalizar sua existência no NPDM/UFC além de destacar sua importância para fomentar sua aplicação em futuras pesquisas científicas nas áreas de Bioarqueologia Translacional, Paleontologia, Ciências Forenses (incluindo Antropologia e Entomologia Forense) e em estudos pré-clínicos e clínicos. As oportunidades parecem ser ilimitadas!

RERERÊNCIAS

BLAU, Soren; RANSON David & BOER, Hans de. Disaster Victim Identification: Traditional Approaches and Changing Practices. In. Essentials of Autopsy Practice: Updates and Reviews to Aid Practice. (Guy N.Rutty Editor). Leicester, UK. Springer, 2022.



CLARKSON, Melanie Elizabeth & MARSDEN, Philip Haley. The Application of Radiographic Imaging in Forensic Odontology. In. Essentials of Autopsy Practice: Updates and Reviews to Aid Practice. (Guy N.Rutty Editor). Leicester, UK. Springer, 2022.

CORSEUIL, E. Apostila de Entomologia. Porto Alegre: PUCRS. p. 126, 2003.

DU PLESSIS, A., BROECKHOVEN, C., GUELPA, A., & LE ROUX, S. G. Laboratory X-ray micro-computed tomography: A user guideline for biological samples. Journal of Microscopy, 267(2), 197-208, 2017.

FROTA, Marcos Tadeu Ellery; LIMA FILHO, Sebastião Lacerda de; MAIA, Paulo Henrique G. & MORAES FILHO, Manoel Odorico. Aplicação da reconstrução facial forense em análises antropológicas e suas potencialidades no âmbito da bioarqueologia: uma síntese. Campina Grande, Revista Tarairiú do LABAP-UEPB, 2024 (no prelo).

GOMES, Leonardo. Entomologia Forense. Novas Tendências e Tecnologias nas Ciências Criminais. Editora Technical, 2010.

HOLLUND, H. I.; ARGESSEANU, A. E.; LARSEN, R.; KJØLLER, C.; DAVIDSEN, J.; GRØN, K. M. Application of micro-CT scanning for screening archaeological bones for ancient DNA. Journal of Archaeological Science, v. 75, p. 116–121, 2016.

HAINSWORTH, Sarah V. The Use of Micro-computed Tomography for Forensic Applications. In. Essentials of Autopsy Practice: Updates and Reviews to Aid Practice. (Guy N.Rutty Editor). Leicester, UK. Springer, 2022.

IMPERIAL LIFE SCIENCES LIMITED. Preclinical U-CT Imaging system: Adaptive X-ray CT. Disponível em: [ILS : Your Partners In Life](#) Acesso realizado em: 11 de dezembro de 2023.

LARSEN, C. S. Bioarchaeology: Interpreting Behavior from the Human Skeleton, 2018.

LABX. Rigaku - MILabs U-CT In-Vivo Diagnostic Preclinical X-ray CT scanner. Disponível em: [Rigaku - MILabs U-CT In-Vivo Diagnostic Preclinical X-ray CT scanner | LabX.com](#) Acesso realizado em: 10 de dezembro de 2024.

KAZANCI, N.; BROMAGE, T. G. Micro-CT applications in archaeological and paleoanthropological research: Insights into bone diagenesis and preservation. Denver, USA, 2019.

MANN, R. W., & HUNT, D. R. Photographic Regional Atlas of Bone Disease: A Guide to Pathologic and Normal Variation in the Human Skeleton. London, 2016.

MACHIN, Ruth & CHRISTENSEN, Angi M. The Role of Fractography in Forensic Pathology and Anthropology Examinations. In. Essentials of Autopsy Practice: Updates and Reviews to Aid Practice. (Guy N.Rutty Editor). Leicester, UK. Springer, 2022.

MILABS: A RIGAKU COMPANY. MILabs U-CT in vivo diagnostic preclinical X-Ray CT scanner. News-Medical.net - An AZoNetwork Site, 2024. Disponível em: <https://www.news-medical.net/MILabs-U-CT-in-vivo-Diagnostic-Preclinical-X-ray-CT-scanner>. Acesso realizado em: 29 de novembro de 2024.

MILabs Multi-Modal Imaging Platforms. Disponível em: <https://www.milabs.com> Acesso realizado em: 10 de dezembro de 2024.

MILabs U-CT: A Revolutionary Tool for Preclinical Imaging. Disponível em:



MOORE, L. M. S., & D. M. MICKLEBURGH. *Advances in Micro-CT Imaging in Forensic Anthropology, USA*, 2020.

OLIVEIRA-COSTA. *Entomologia Médico-Legal: da cronotanatognose à entomogenética*. São Paulo, editora Millenium, 2024.

OTTONELLI, R.; FERRETTI, M.; BONAZZI, M.; PIETRI, M.; MARTINI, M.; ASPESI, D.; CATTANEO, C. Assessing the impact of X-ray radiation dose on ancient DNA preservation in bone samples using micro-CT. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 171, p. 108790, 2020.

RACICOT, R. A. *Fossil Secrets Revealed: X-Ray CT Scanning and Applications in Paleontology*. In *The Paleontological Society Papers*, Volume 22, 2016.

SEMEDO, D. CF Research Center to Use MILabs' CT System to Expand Knowledge of Pulmonary Diseases. *Cystic Fibrosis News Today*. 2016. Disponível em: [Cystic Fibrosis News Today](#)

SMITH, Kenneth G. V. *A Manual of Forensic Entomology*. British Library, Oxford, 1986.

SUTTON, M., RAHMAN, I. A., & GARWOOD, R. J. *Virtual Paleontology: An Overview*. Cambridge University Press, 2014.

UBELAKER, D. H. *Forensic Anthropology: Method and Theory*. *Journal of Human Evolution*, 55(5), 764–770, 2008.

WOZNIAK, Krzysztof Jerzy. MOSKAŁA, Artur, BARSZCZ, Marta & WOZNIAK, Ewa Rzepecka. Examining an Already Autopsied or Exhumed Body. In. *Essentials of Autopsy Practice: Updates and Reviews to Aid Practice*. (Guy N.Rutty Editor). Leicester, UK. Springer, 2022.

ZECH, Wolf-Dieter & JACKOWSKI, Christian. Post-mortem Cardiac Magnetic Resonance Imaging. In. *Essentials of Autopsy Practice: Updates and Reviews to Aid Practice*. (Guy N.Rutty Editor). Leicester, UK. Springer, 2022.