



**FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

ANA KARLA OLIVEIRA DA SILVA

**A IMPORTÂNCIA DO PET-CT PARA DIAGNÓSTICO E
TRATAMENTO DE PACIENTES COM LINFOMA DE HODGKIN E
NÃO-HODGKIN**

JOÃO PESSOA

2025

ANA KARLA OLIVEIRA DA SILVA

**A IMPORTÂNCIA DO PET-CT PARA DIAGNÓSTICO E
TRATAMENTO DE PACIENTES COM LINFOMA DE HODGKIN E
NÃO-HODGKIN**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE, como exigência para obtenção do título de Tecnólogo em Radiologia.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Poliane Angelo de Lucena Santos.

JOÃO PESSOA

2025

S578i

Silva, Ana Karla Oliveira da

A importância do PET-CT para diagnóstico e tratamento de pacientes com linfoma de Hodgkin e não Hodgkin / Ana Karla Oliveira da Silva. – João Pessoa, 2025.

21f.; il.

Orientadora: Prof.^a D.^a Poliane Angelo de Lucena Santos.
Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Radiologia) – Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. Linfoma de Hodgkin. 2. Linfoma não Hodgkin. 3. PET-CT. 4. Diagnóstico por Imagem. 5. 18F-FDG. I. Título.

CDU: 615.849:616-006

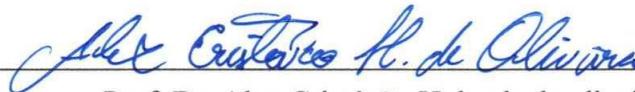
**FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA
CURSOSUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**A importância do PET-CT para diagnóstico e tratamento de
pacientes com linfoma de Hodgkin e não-Hodgkin**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado pela aluna Ana Karla Oliveira da Silva, do curso de Tecnologia em Radiologia da Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE, tendo obtido o conceito de _____, conforme a apreciação da banca examinadora constituída pelos professores:

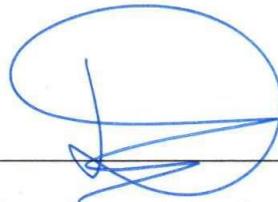
Aprovado em: _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA



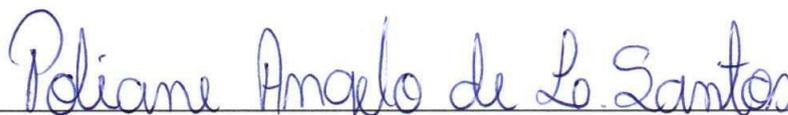
Prof. Dr. Alex Cristóvão Holanda de oliveira

Faculdade de Enfermagem Nova Esperança – FACENE



Prof.ª. Dr.ª. Débora Teresa da Rocha G. F. de Almeida

Faculdade de Enfermagem Nova Esperança - FACENE



Prof.ª. Dr.ª. Poliane Angelo de Lucena Santos

Faculdade de Enfermagem Nova Esperança - FACENE

Agradecimentos

A Deus, em primeiro lugar, por ter me dado forças para continuar mesmo nos momentos de desespero. Sua presença constante nunca me deixou desistir, mesmo quando tudo parecia difícil. Sou imensamente grata por cada passo que consegui dar com fé e coragem.

À minha família, pelo apoio incondicional, por nunca me deixarem só, e pelo amor e carinho que sempre me sustentaram ao longo dessa caminhada. Cada gesto, palavra e incentivo foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Aos meus professores, pelos ensinamentos, orientações e até pelos puxões de orelha, que contribuíram imensamente para o meu crescimento. Em especial, à minha orientadora, Profa. Dra. Poliane Angelo de Lucena Santos, por sua paciência, dedicação e suporte contínuo durante todo o processo.

Agradeço de todo o coração por tudo que fizeram e continuam fazendo por mim. Obrigada, Senhor Jesus, por cada conquista e por nunca ter me deixado desistir dos meus sonhos.

A IMPORTÂNCIA DO PET-CT PARA DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DE PACIENTES COM LINFOMA DE HODGKIN E NÃO-HODGKIN

SILVA, A. K. O; SANTOS, P. A. L.

THE IMPORTANCE OF PET-CT FOR DIAGNOSIS AND TREATMENT OF PATIENTS WITH HODGKIN AND NON-HODGKIN LYMPHOMA

RESUMO

Este Trabalho teve como objetivo investigar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, a importância da Tomografia por Emissão de Pósitrons associada à Tomografia Computadorizada (PET-CT) no diagnóstico, estadiamento, acompanhamento terapêutico e prognóstico de pacientes com linfoma de Hodgkin (LH) e linfoma não Hodgkin (LNH). Para isso, foram analisados 15 artigos científicos publicados entre 2014 e 2024, oriundos das bases de dados SciELO, PubMed e LILACS. Os resultados evidenciaram que o PET-CT, especialmente com o uso do radiofármaco 18F-FDG, apresenta alta sensibilidade e especificidade na detecção de atividade metabólica tumoral, sendo superior a outras modalidades de imagem no estadiamento inicial, monitoramento da resposta ao tratamento e detecção de recidivas. A escala de Deauville destacou-se como método padronizado essencial para avaliação da resposta terapêutica. Estudos recentes também demonstraram o uso promissor de modelos de aprendizado de máquina baseados em imagens de PET-CT para prever desfechos terapêuticos e personalizar condutas clínicas. Além disso, a revisão abordou a associação entre a exposição ocupacional a agrotóxicos como glifosato, diazinona e malationa e o aumento do risco de desenvolvimento do LNH, reforçando a importância da vigilância ambiental e de políticas públicas de saúde coletiva. Conclui-se que o PET-CT é uma ferramenta indispensável na prática clínica oncológica atual, contribuindo significativamente para a precisão diagnóstica, o planejamento terapêutico individualizado e o monitoramento eficaz dos pacientes com linfoma. A integração dessa tecnologia à rotina clínica favorece melhores desfechos, maior sobrevida e qualidade de vida, além de ampliar o entendimento sobre fatores ambientais associados ao câncer hematológico.

PALAVRAS-CHAVE: Agrotóxicos. Diagnóstico por imagem. Linfoma de Hodgkin. Linfoma não Hodgkin. 18F-FDG.

ABSTRACT

This study aimed to investigate, through an integrative literature review, the importance of Positron Emission Tomography combined with Computed Tomography (PET-CT) in the diagnosis, staging, therapeutic monitoring, and prognosis of patients with Hodgkin lymphoma (HL) and non-Hodgkin lymphoma (NHL). To this end, 15 scientific articles published between 2014 and 2024 were analyzed, sourced from the SciELO, PubMed, and LILACS databases. The results showed that PET-CT, especially when using the radiopharmaceutical ^{18}F -FDG, demonstrates high sensitivity and specificity in detecting tumor metabolic activity, outperforming other imaging modalities in initial staging, treatment response monitoring, and recurrence detection. The Deauville scale stood out as an essential standardized method for assessing therapeutic response. Recent studies also demonstrated the promising use of machine learning models based on PET-CT images to predict therapeutic outcomes and personalize clinical management. Furthermore, the review addressed the association between occupational exposure to pesticides such as glyphosate, diazinon, and malathion and the increased risk of developing NHL, reinforcing the importance of environmental surveillance and public health policies. It is concluded that PET-CT is an indispensable tool in current oncological clinical practice, significantly contributing to diagnostic accuracy, individualized treatment planning, and effective patient monitoring. The integration of this technology into clinical routines promotes better outcomes, increased survival, and improved quality of life, in addition to broadening the understanding of environmental factors associated with hematologic cancers.

KEYWORDS: Hodgkin lymphoma. Non-Hodgkin lymphoma. Medical imaging. Pesticides. ^{18}F -FDG.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
2. METODOLOGIA.....	11
2.1 Estratégia de Busca	11
2.2 População e Amostra	11
2.3 Instrumento de coleta de dados.....	12
2.4 Análise e Apresentação dos Dados	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

INTRODUÇÃO

O linfoma é um tipo de câncer cuja causa ainda não é totalmente conhecida. Está relacionado ao sistema linfático, onde se encontram as células do sistema imunológico. Geralmente, compromete as células do tipo B e T, que são glóbulos brancos responsáveis por combater infecções. Essa patologia ocorre devido à replicação desordenada do DNA das células do sistema imunológico. Desse modo, existem dois tipos principais de linfoma: o linfoma de Hodgkin (LH) e o linfoma não Hodgkin (LNH)¹.

Ambas as patologias estão relacionadas às células de defesa do sistema linfático, como as células dos tipos B e T. O LH é caracterizado pela presença das células de Reed-Sternberg, que são células extremamente grandes, com aparência semelhante a olhos de coruja. Esse tipo de linfoma é mais comum e mais agressivo, pois se desenvolve muito rapidamente¹.

Já o linfoma não Hodgkin se desenvolve de maneira mais lenta, fazendo com que o organismo ataque o próprio sistema imunológico, desencadeando uma resposta inflamatória no corpo. Ambos os tipos de linfoma podem surgir em qualquer faixa etária, sendo menos frequentes na infância. Os sinais mais comuns do surgimento da doença são: gânglios linfáticos edemaciados nas regiões do pescoço, axilas ou virilhas, sudorese noturna, perda de peso repentina, febre, entre outros¹.

Segundo o Ministério da Saúde (MS), um dos fatores de risco para a doença é a exposição a agrotóxicos. Além disso, pessoas com o sistema imunológico comprometido pelo vírus da imunodeficiência humana (HIV) e pelo vírus Epstein-Barr (EBV), mais conhecido como herpesvírus, podem ter risco aumentado para o desenvolvimento da doença embora a presença desses fatores não signifique, necessariamente, que a patologia se manifestará. Ainda de acordo com a MS, os tratamentos mais recomendados para esses tipos de câncer são: quimioterapia, radioterapia, anticorpos monoclonais e transplante de células-tronco².

No diagnóstico clínico, existem exames de imagem, como a ultrassonografia (USG), Ressonância Magnética (RM) e a Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET-CT), do inglês (*Positron Emission Tomography–Computed Tomography*), que auxiliam na escolha do tratamento, no acompanhamento e no pós-tratamento, para identificação de possíveis recidivas. Atualmente, o PET-CT é o exame mais utilizado para esse fim³.

O PET-CT é, portanto, na época atual, uma das principais ferramentas no diagnóstico, estadiamento e monitoramento terapêutico dos linfomas. Esse exame de

imagem tem se destacado por fornecer, em um único procedimento, informações morfológicas, metabólicas da lesão e funcionais do organismo, permitindo uma visão abrangente e precisa da doença ⁴.

O PET-CT utiliza como principal marcador o radiofármaco 18F-fluorodesoxiglicose (18F-FDG), uma substância radioativa que simula a glicose. Após a administração intravenosa, o 18F-FDG se acumula em regiões com maior metabolismo celular, como as áreas tumorais. Isso possibilita a visualização de células malignas com alta sensibilidade, mesmo antes que alterações morfológicas sejam detectáveis por outros exames. Assim, o PET-CT desempenha papel essencial no diagnóstico precoce, no estadiamento preciso e na avaliação da resposta ao tratamento em pacientes com linfoma⁵.

Essa técnica de diagnóstico é capaz de identificar a doença em estágios muito iniciais, inclusive meses ou anos antes do aparecimento de sintomas clínicos. Isso favorece intervenções terapêuticas mais eficazes e individualizadas, contribuindo para o aumento das taxas de remissão e sobrevida dos pacientes ⁶. Evidencia-se, nesse sentido, que o PET-CT com 18F-FDG tem se mostrado eficaz para o estadiamento da doença, avaliação da resposta ao tratamento e detecção precoce de recidivas.

Dessa forma, há a necessidade de aprofundar os conhecimentos sobre a aplicação da técnica do PET-CT como principal ferramenta no diagnóstico e acompanhamento dos linfomas, sendo crucial para o tratamento tanto do LH quanto do LNH. Nessa direção discursiva, este estudo teve como objetivo relatar, por meio de uma revisão de literatura, a utilização da técnica de PET-CT no diagnóstico precoce e na escolha do tratamento específico para cada paciente acometido por LH ou LNH.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, desenvolvida a partir da análise de fontes relevantes sobre o tema. Para a realização do trabalho, foram seguidas etapas de levantamento e organização do material, conforme descrito a seguir: identificação do problema; estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão de estudos na busca por literatura científica; definição das informações a serem extraídas dos estudos; avaliação dos estudos selecionados; interpretação dos resultados; e, por fim, a apresentação da síntese do conhecimento obtido por meio da revisão ⁷.

2.1 Estratégia de Busca

A pesquisa foi realizada em três bases de dados: SciELO, PubMed e LILACS. Os descritores utilizados para a busca foram: Tomografia por Emissão de Pósitrons, LH e Linfoma não Hodgkin, nos idiomas português e inglês. Na língua inglesa, foram utilizados os mesmos termos: *Positron Emission Tomography*, *Hodgkin Lymphoma* e *Non-Hodgkin Lymphomas*.

Adotaram-se os seguintes critérios de inclusão: publicações no formato de artigo científico, com texto completo disponível gratuitamente, que abordassem diretamente a temática da revisão, publicadas no período de 2014 a 2024 e nos idiomas português e inglês.

Foram excluídos documentos como teses, dissertações, monografias, trabalhos de conclusão de curso, relatos de caso, artigos que não abordassem de forma direta os temas definidos na pesquisa, bem como aqueles que apresentavam informações desatualizadas quanto à classificação histopatológica dos linfomas. Além disso, foram descartados os estudos que não se enquadravam no período estabelecido para a busca.

2.2 População e Amostra

A amostra da pesquisa foi composta por artigos científicos relacionados ao uso do PET-CT no diagnóstico e acompanhamento LH e do LNH, encontrados nas bases de dados SciELO, PubMed e LILACS. Foram incluídos estudos publicados em português e inglês, no período de 2014 a 2024. Inicialmente, foram identificados 1.418 artigos, sendo 1.291 em língua inglesa e 127 em língua portuguesa. A coleta de dados foi realizada entre janeiro de 2024 e maio de 2025, nas bases mencionadas.

2.3 Instrumento de coleta de dados

Durante a coleta de dados, foram, inicialmente, selecionados 28 artigos que atendiam aos critérios gerais da pesquisa, sendo 9 da base de dados SciELO, 13 da PubMed e 6 da LILACS. No entanto, após uma análise mais criteriosa, verificou-se que, dentre esses 28 artigos, apenas 15 se enquadravam especificamente na modalidade e temática proposta pela pesquisa.

2.4 Análise e Apresentação dos Dados

Os resultados obtidos, após as análises dos dados coletados, foram organizados em tabelas e banco de dados informatizados com o auxílio do programa Microsoft Word (versão 2407, 2024).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados revelaram que o PET-CT com 18F-FDG foi amplamente reconhecido como exame padrão para avaliação de linfomas. Sua acurácia na detecção da atividade metabólica tumoral proporciona vantagens significativas em relação a outras modalidades de imagem, permitindo o diagnóstico precoce, o acompanhamento da resposta ao tratamento e a detecção de recidivas com maior precisão¹¹.

A escala de Deauville é um sistema amplamente utilizado na interpretação dos exames de PET-CT em pacientes com linfoma, especialmente no linfoma de Hodgkin. Essa escala permite classificar a resposta ao tratamento com base na intensidade da captação do radiofármaco 18F-FDG nas lesões, comparada com estruturas de referência fisiológicas, como o mediastino e o fígado. A pontuação varia de 1 a 5. De modo geral, pontuações de 1 a 3 indicam resposta metabólica adequada ao tratamento, enquanto escores 4 e 5 sugerem a persistência da atividade da doença e podem indicar a necessidade de reavaliação terapêutica. A aplicação da escala de Deauville é fundamental para orientar decisões clínicas durante o acompanhamento dos pacientes com linfoma¹².

Outro achado relevante da revisão é a associação entre a exposição a agrotóxicos (como glifosato, diazinona e malationa) e o aumento do risco de neoplasias hematológicas, incluindo o linfoma não Hodgkin (LNH). Essa associação foi analisada pela ANVISA, que apresentou uma relação, em tabela publicada em 2019, entre alguns tipos de neoplasias e agrotóxicos, conforme mostrado na Tabela 1.

TABELA 1: Classificação de toxicidade dos agrotóxicos relacionais a neoplasias como o LH e LNH

Nome	Grupo	Classificação Toxicológica (Anvisa)	Classificação de carcinogenicidade IARC	USEPA	Relação com câncer
Acefato	Inseticida	Classe III medianamente tóxico	ND	Possível carcinogênico para humanos	Leucemias, Linfoma não Hodgkin, pâncreas
Atrazina	Herbicida	Classe III medianamente tóxico	Grupo 3: Não é classificável para carcinogenicidade em humanos	-	Linfomas não Hodgkin
Clorpirifós	Inseticida	Classe II altamente tóxico	ND	Ausência de carcinogenicidade para humanos	Leucemias, Linfoma não Hodgkin, pâncreas
Diazinona	Inseticida	Classe II altamente tóxico	Grupo 2A: Provavelmente carcinogênico para humanos	-	Leucemias, Linfomas não Hodgkin, câncer de pulmão
Glifosato	Herbicida	Classe IV pouco tóxico	Grupo 2A: Provavelmente carcinogênico para humanos	-	Linfomas não Hodgkin
Malationa	Inseticida	Classe III medianamente tóxico	Grupo 2A: Provavelmente carcinogênico para humanos	Linfoma não-Hodgkin, câncer de próstata	-
Mancozebe	Fungicida	Classe III	Grupo 3: Não é classificável para carcinogenicidade em humanos	-	Linfomas não Hodgkin

Fonte: adaptado da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2019).

Através da análise de dados de 15 artigos, obteve-se os resultados em relação ao uso do exame PET-CT junto com 18F-FDG, considerado o padrão ouro no auxílio ao diagnóstico médico do LH e LNH, como é apresentado no Quadro 1.

QUADRO1: Análise Descritiva dos Estudos Selecionados na Revisão Integrativa

Artigo	Autor (ano)	Resumo
Exposição ocupacional a agrotóxicos organofosforados e neoplasias hematológicas: uma revisão sistemática	Silva (2023)	Revisão sistemática de estudos epidemiológicos sobre exposição a agrotóxicos e neoplasias hematológicas. Foram elegíveis 17 estudos avaliados como de boa qualidade metodológica. Identificou associação entre exposição a agrotóxicos organofosforados e aumento do risco de leucemia, câncer de próstata e linfoma não-Hodgkin (LNH), mesmo em contextos de agricultura familiar.

Uso de agrotóxicos e mortes por câncer no estado do Rio Grande do Sul	Luiza et.al., (2020)	Estudo ecológico que correlacionou dados sobre o uso de agrotóxicos com a mortalidade por câncer. Foram analisados dados secundários de mortalidade por câncer em 30 regiões de saúde do Rio Grande do Sul. Observou-se um aumento nos casos de neoplasias, incluindo linfoma não Hodgkin (LNH), associado ao contato frequente com agrotóxicos, especialmente organofosforados como diazinon e malationa.
PET/CT for Lymphoma Post-therapy Response Assessment in Hodgkin Lymphoma and Diffuse Large B-cell Lymphoma"	Albano (2020)	Trata-se de uma revisão de literatura sobre o uso do PET/CT com 18F-FDG no estadiamento e monitoramento do linfoma de Hodgkin (LH), na qual se destaca a importância desse exame tanto no estadiamento inicial quanto na avaliação da resposta ao tratamento e na detecção de recidivas. Além disso, evidencia-se a utilidade de parâmetros quantitativos, como o volume metabólico tumoral (MTV) e a carga total de lesão (TLG), que contribuem para uma análise mais precisa da atividade tumoral.
The role of PET/CT in the modern treatment of Hodgkin lymphoma	Zauch e McCarten (2019)	Revisão de literatura sobre o uso de PET/CT no tratamento do LH. O PET/CT é fundamental no estadiamento inicial, monitoramento da resposta ao tratamento e detecção de recidivas no LH, permitindo ajustes na estratégia terapêutica conforme a resposta observada.
PET/CT in Hodgkin Lymphoma: An Update	Barrington e Kluge (2017)	Revisão sobre o uso do PET/CT na avaliação de resposta pós-terapia em LH e linfoma difuso de grandes células B. A utilização do PET/CT é essencial na avaliação inicial e pós-tratamento do LH, permitindo distinguir entre tecido residual ativo e alterações benignas com alta precisão. A adoção de critérios padronizados, como a escala de Deauville, melhorou a consistência na interpretação dos resultados.
PET/CT in the Evaluation of Relapsed or Refractory Hodgkin Lymphoma	Jauhari e Nasta (2016)	Revisão de literatura sobre o uso de PET/CT na avaliação de LH recidivado ou refratário. O PET/CT é fundamental na avaliação de LH recidivado ou refratário, permitindo distinguir tecido viável de restos fibróticos após quimioterapia de resgate e transplante autólogo de células-tronco.
The Significance of PET/CT in the Initial Staging of Hodgkin Lymphoma: Experience Outside Clinical Trials	Angelopoulou et.al., (2017)	Estudo prospectivo com 162 pacientes com LH em prática clínica real. O PET/CT inicial modificou o estadiamento para classes superiores em 16% dos casos e para classes inferiores em 6%, orientando a definição dos campos de radioterapia em 59% dos pacientes.
PET/MRI for staging patients with Hodgkin lymphoma: equivalent results with PET/CT in a prospective trial	Picardi et al., (2021)	Estudo prospectivo com 70 pacientes com LH, comparando PET/MRI e PET/CT no estadiamento inicial. PET/MRI demonstrou resultados equivalentes ao PET/CT na determinação do estágio pelo sistema Ann Arbor revisado, com sensibilidade de 100% na detecção de linfonodos acometidos e redução de aproximadamente quatro vezes na dose de radiação recebida pelos pacientes
PET/CT in Non-Hodgkin Lymphoma: An Update	Zanoni et al. (2023)	Revisão de literatura sobre o uso de PET/CT no LNH. O PET/CT com 18F-FDG é o padrão-ouro para categorização inicial, reavaliação pós-terapia e vigilância da resposta no LNH, especialmente em subtipos como linfoma difuso de grandes células B e

		folicular.
Positron emission tomography/computed tomography in the management of Hodgkin and B-cell non-Hodgkin lymphoma: An update	Juweid et al. (2023)	Revisão de literatura sobre o uso do PET/CT no manejo do linfoma de Hodgkin (LH) e do linfoma não Hodgkin (LNH) de células B, evidenciando que a fusão das imagens de PET e tomografia computadorizada (TC) com 18F-FDG superou a tomografia isolada tanto no estadiamento quanto na avaliação de resposta ao tratamento. Com isso, o PET/CT passou a integrar de forma essencial os critérios da Classificação de Lugano.
Utility of pre-treatment FDG PET/CT-derived machine learning models for outcome prediction in classical Hodgkin lymphoma	Dann et al. (2014)	Estudo prospectivo com 134 pacientes com LH, utilizando PET/CT após dois ciclos de quimioterapia para modulação da intensidade do tratamento. A abordagem mostrou-se viável, diminuindo efeitos adversos em quem respondeu precocemente e melhorando o prognóstico dos não respondedores iniciais, com sobrevida livre de progressão em torno de 94% aos três anos.
Utility of pre-treatment FDG PET/CT-derived machine learning models for outcome prediction in classical Hodgkin lymphoma	Frood et al. (2022)	Estudo retrospectivo com 289 pacientes com LH clássico, utilizando modelos de aprendizado de máquina derivados de PET/CT pré-tratamento para prever desfechos. O modelo de regressão ridge usando uma segmentação de $1,5 \times$ SUV médio do fígado teve o melhor desempenho, com AUC de 0,81 no conjunto de teste, indicando que a predição de desfechos usando modelos de aprendizado de máquina derivados de PET/CT pré-tratamento é viável em pacientes com LH clássico.
Predição de Falha no Tratamento de Linfoma Hodgkin: Uma Abordagem de Aprendizado de Máquinas em 18F-FDG PET/CT	Machado et al., 2023	Estudo com 57 pacientes com LH, utilizando características numéricas extraídas de imagens de PET/CT pré-tratamento para treinar um modelo de aprendizado de máquina. O algoritmo alcançou áreas sob a curva de 0,86 a 0,96 na validação interna, com sensibilidade entre 80 e 100% e especificidade entre 88 e 100%, superando largamente os critérios tradicionais de estadiamento clínico.
Hodgkin Lymphoma-Review on Pathogenesis, Diagnosis, Current and Future Treatment Approaches for Adult Patients	Momotow et al. (2021)	Revisão abrangente da literatura científica atual sobre o LH, incluindo dados de estudos clínicos, diretrizes internacionais e pesquisas básicas. O artigo aborda a epidemiologia, patogênese, diagnóstico e estratégias terapêuticas do LH. Destaca que o tratamento de primeira linha, adaptado ao estágio da doença, com quimioterapia e/ou radioterapia, resulta em taxas de cura de aproximadamente 80%.
Positron emission tomography/computed tomography in the management of Hodgkin and B-cell non-Hodgkin lymphoma: An update	Buchpiguel (2011)	Análise abrangente sobre o papel atual do PET/CT no diagnóstico e acompanhamento dos linfomas. Destacou a importância do PET/CT no estadiamento, monitoramento e detecção de recidivas tanto no LH quanto no LNH, além da correlação entre os valores de captação do radiofármaco (SUV) e a proliferação celular.

Fonte: Autoria própria (2025)

Os resultados apresentados acima mostraram um alto índice do desenvolvimento do LH e LNH relacionados ao uso de agrotóxicos e pesticidas. Dentro desse contexto, deve-se analisar políticas de controle de uso, para que se garanta a forma correta de aplicação com todas as

recomendações de proteção segundo a ANVISA. Foi visto, também, que o exame de PET-CT com junção ao 18F-FDG é o padrão ouro para auxílio dos diagnósticos, tratamento, estadiamento, terapia a ser utilizada e pós-tratamento para avaliar a resposta do linfoma em relação a terapia utilizada.

Silva,⁸ Luiza et al.⁹ enfatizaram o desenvolvimento de algumas neoplasias devido à exposição aos pesticidas, evidenciando as famílias que trabalham em lavouras, onde o contato com agrotóxicos e os pesticidas são mais frequentes.

Albanao,¹⁰ Zaucha e McCarten¹¹ apresentaram que, inicialmente, o exame é utilizado para auxílio do diagnóstico, acompanhamento e principalmente no estadiamento, em que é feita a localização do linfoma, determinada a agressividade do tumor e, em seguida, define-se qual o melhor tratamento e terapia a se utilizar no paciente.

Desse modo, Barrington e Kluge¹² ressaltaram a utilização dessa modalidade no pós-tratamento do LH, permitindo distinguir entre tecido residual ativo e alterações benignas com alta precisão. Foram adotados os critérios padronizados da escala de Deauville.

Além disso, Jauhari e Nasta¹³ afirmam que PET-CT é fundamental na avaliação de LH recidivado ou refratário. Estudos retrospectivos mostram que a ausência de captação antes do transplante está associada a remissões prolongadas, enquanto a persistência de sinal metabólico indica prognóstico desfavorável. A combinação das imagens funcionais e anatômicas obtidas, por meio do PET-CT com o radiofármaco 18F-FDG, possibilita distinguir, em casos de linfoma de Hodgkin recidivado ou refratário às terapias iniciais, se as lesões persistentes representam tecido tumoral ainda ativo ou apenas restos fibróticos inativos resultantes do tratamento. Com isso, essa técnica de imagem tornou-se essencial para nortear decisões clínicas quanto à necessidade de intervenções adicionais e para prever a evolução do quadro clínico desses pacientes.

Angelopoulou et al.,¹⁴ demonstrou, em seu estudo, um prognóstico futuro com a modalidade PET-CT. Nesse contexto, avaliou-se 162 indivíduos com LH em situação real de prática clínica e mostraram que o PET-CT inicial modificou o estadiamento para classes superiores em 16% dos casos e para classes inferiores em 6%, embora apenas 6% tenham tido o esquema terapêutico alterado. O exame orientou a definição dos campos de radioterapia em 59% dos pacientes, sem impacto mensurável na sobrevida. Três parâmetros extraídos das imagens; número de sítios acometidos, pico de captação metabólica e um índice combinando intensidade e maior diâmetro lesional, correlacionaram-se de forma significativa com a probabilidade de controle da doença em cinco anos, reforçando o valor prognóstico do PET-CT antes do início do tratamento.

No entanto, Picardi et al.,¹⁵ relata uma ideia contrária a todos os outros autores citados anteriormente, ele traz uma discussão em relação ao nível de dose de radiação ionizante que é utilizada no exame de convencional de PET-CT, que tem um grande auxílio desde o diagnóstico até o pós-tratamento. Angelopoulou et al.¹⁴ traz uma ideia de que a maneira mais eficaz de reduzir a dosimetria dos pacientes que realizam o PET-CT é a utilização da modalidade PET-MRI, em inglês (*Magnetic Resonance Imaging*) ou Ressonância Magnética.

O estudo foi feito com 70 pacientes em que se comparou um protocolo híbrido de PET-MRI ao padrão PET-CT na determinação do estágio pelo sistema Ann Arbor revisado. Dos 70 pacientes avaliáveis, ambas as técnicas classificaram corretamente o estágio em 90% das vezes. A sensibilidade para detecção de linfonodos acometidos foi de 100% em PET-MRI e PET-CT. Na avaliação de infiltração de órgãos, PET-MRI identificou comprometimento esplênico em 66% dos casos (vs. 55% no PET/CT), pulmonar em 60% (vs. 100%), hepático em 67% (vs. 100%) e ósseo em 100% (vs. 50%). Além disso, o PET-MRI reduziu, em aproximadamente quatro vezes, a dose de radiação recebida pelos pacientes. Esses resultados demonstram que o PET-MRI é uma alternativa equivalente e menos tóxica para o estadiamento inicial do LH.

Zanoni et al.¹⁶ realizaram uma análise abrangente do emprego da PET-CT com 18F-FDG em LNH, demonstrando que esse método é o padrão-ouro para categorização inicial, reavaliação pós-terapia e vigilância da resposta, especialmente em subtipos como linfoma difuso de grandes células B e folicular; além disso, destacaram a aplicação uniforme da escala de Deauville para padronizar interpretações, ressaltando a ideia de ¹² onde demonstram a importância desses métodos de investigação qualificada para o estadiamento e abordagem de fatores semiquantitativos como volume metabólico e características de radiômica que aprimoram a estratificação de risco e as previsões de desfecho clínico.

Juweid et al.¹⁷ utiliza o artigo como forma de demonstrar a eficácia do padrão da fusão de PET e TC com 18F-FDG superou a tomografia isolada no estadiamento e na avaliação de resposta em LH e B-celular não Hodgkin, tornando-se parte integrante da classificação de Lugano; a realização de exames intermediários permite alterar o tratamento cedo, com base na resposta metabólica, enquanto métricas quantitativas como volume metabólico tumoral, variação de captação padronizada e glicólise total da lesão surgem como poderosos preditores de prognóstico. Apesar de consolidada como padrão de cuidado, a interpretação exige experiência e padronização contínua para minimizar variações entre avaliadores.

Dann et al.¹⁸ aplicaram um protocolo de risco adaptado em 317 pacientes com LH, o qual a resposta metabólica, aferida por PET-CT depois de dois ciclos de quimioterapia, norteou a modulação da intensidade do tratamento. Aqueles com ausência de captação significativa

tiveram redução da agressividade terapêutica e apresentaram sobrevida livre de progressão em torno de 94% aos três anos, enquanto indivíduos com PET-2 positivo receberam escalonamento para esquemas mais intensos, alcançando cerca de 82% de controle da doença no mesmo período. A abordagem mostrou-se viável, diminuindo efeitos adversos em quem respondeu precocemente e melhorando o prognóstico dos não respondedores iniciais, confirmando o valor da PET-CT intermediária na personalização do tratamento.

Em estudo retrospectivo, com pacientes recém-diagnosticados de linfoma clássico de Hodgkin, Froot et al.¹⁹ extraíram centenas de texturas e medições quantitativas das imagens de PET-CT obtidas antes de qualquer tratamento. Esses dados foram alimentados em diferentes algoritmos de aprendizado de máquina para treinar modelos capazes de distinguir quem teria recidiva nos dois anos seguintes. Esses dados foram alimentados em diferentes algoritmos de aprendizado de máquina para treinar modelos capazes de distinguir quem teria recidiva nos dois anos seguintes. Em outras palavras, o estudo mostra que, usando características extraídas automaticamente de um PET-CT antes da quimioterapia, já podemos estimar com razoável precisão o risco de volta da doença, potencialmente guiando tratamentos mais personalizados.

Machado et al.²⁰ ressalta em seu artigo a ideia utilizada por Dann et al.¹⁸ em que o objetivo é o treinamento de máquinas para na aprendizagem do PET-CT junto com o 18F-FDG para auxílio na detecção precoce de pacientes com LH. Neste estudo, foram extraídas características numéricas de imagens de PET-CT realizadas antes do tratamento em 57 pacientes com linfoma de Hodgkin, e essas variáveis incluindo medidas de heterogeneidade do sinal e captação máxima de glicose foram usadas para treinar um modelo de aprendizado de máquina capaz de prever insucesso terapêutico.

O algoritmo alcançou áreas sob a curva de 0,86 a 0,96 na validação interna e, dependendo do limiar escolhido, mostrou sensibilidade entre 80 e 100 %, e especificidade entre 88 e 100 %, superando largamente os critérios tradicionais de estadiamento clínico. Esses resultados indicam que análises automatizadas de PET-CT pré-tratamento podem identificar precocemente pacientes com maior risco de falha no tratamento, permitindo ajustes terapêuticos mais assertivos, tornando um auxílio para o diagnóstico mais rápido e assertivo.

Momotow et al.²¹ oferece uma análise detalhada sobre o LH em adultos, abordando desde os aspectos biológicos e clínicos da enfermidade até os avanços recentes no diagnóstico e nas estratégias terapêuticas. Os autores exploram a origem celular do tumor, a importância dos biomarcadores no estadiamento e os efeitos adversos relacionados aos tratamentos tradicionais, como quimioterapia e radioterapia.

Um ponto central do estudo é a discussão sobre novas abordagens terapêuticas, como

os anticorpos monoclonais conjugados e os inibidores de checkpoint imunológico, que têm ampliado as opções para casos refratários ou de recaída. Também a personalização da terapia com base em características moleculares e resposta precoce ao tratamento, contribuindo para melhores desfechos clínicos e menor toxicidade a longo prazo. Os ensaios clínicos que embasam essas práticas, ressaltando o impacto positivo das tecnologias de imagem, como o PET-CT, no monitoramento e na tomada de decisões terapêuticas.

Buchpigues et al.²² oferece uma análise abrangente sobre o papel do PET-CT no diagnóstico e acompanhamento dos linfomas. O PET-CT tem se mostrado uma ferramenta valiosa no estadiamento, monitoramento e detecção de recidivas tanto no LH quanto no LNH. O estudo destaca a importância de conhecer o subtipo histológico antes de realizar o exame, pois isso influencia na interpretação dos resultados e na aplicação correta da técnica para um estadiamento adequado.

Além disso, o artigo aborda a correlação entre os valores de captação do radiofármaco (SUV) e a proliferação celular, sugerindo que essa medida pode ter valor prognóstico no estadiamento dos linfomas. Portanto, é necessário ressaltar que o PET-CT pode detectar acometimentos extranodais e infiltrações na medula óssea com maior sensibilidade em comparação com a biópsia de medula óssea, além de ser superior à tomografia computadorizada isolada na diferenciação entre fibrose e tumor viável em lesões residuais após o tratamento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As evidências reunidas nesta revisão integrativa destacam o papel essencial da tomografia por emissão de pósitrons associada à tomografia computadorizada (PET-CT), especialmente com o uso do radiofármaco ¹⁸F-FDG, no diagnóstico, estadiamento e monitoramento terapêutico do linfoma de Hodgkin (LH) e do linfoma não Hodgkin (LNH). Os estudos analisados evidenciam que essa tecnologia oferece elevada sensibilidade e precisão, sendo decisiva para a avaliação da resposta ao tratamento e, consequentemente, para a individualização das condutas terapêuticas.

Essa abordagem personalizada tem contribuído, significativamente, para o aumento da eficácia dos tratamentos, bem como para a melhoria do prognóstico e da qualidade de vida dos pacientes. Paralelamente, a incorporação de técnicas de inteligência artificial baseadas em imagens de PET/CT tem mostrado resultados promissores. Modelos de aprendizado de máquina, como os utilizados por Froot et al. (2022), demonstraram alta acurácia na predição de desfechos clínicos em pacientes com LH, possibilitando uma estratificação de risco mais

precisa e favorecendo a tomada de decisões clínicas mais assertivas e individualizadas.

Ademais, os achados ainda indicam uma possível relação entre a exposição a agrotóxicos, especialmente os organofosforados, e o desenvolvimento do LNH, o que ressalta a necessidade de ações preventivas e políticas públicas voltadas à vigilância ambiental e à saúde coletiva.

Dessa forma, o PET-CT consolida-se como uma ferramenta indispensável na prática clínica oncológica contemporânea, não apenas por seu valor diagnóstico, mas também pelo impacto positivo na tomada de decisões terapêuticas, no uso de tecnologias emergentes como a inteligência artificial e na promoção de uma assistência mais qualificada e eficaz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VERDE AS, et al. Linfoma cutâneo difuso de grandes células B, tipo perna: relato de caso. 2021. p. 5.
2. Ministério da Saúde (BR). Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas: Linfoma de Hodgkin no adulto [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2020 [citado em 31 maio 2025]. Disponível em: https://antigo-conitec.saude.gov.br/images/Protocolos/20201230_PCDT_Linfoma-de-Hodgkin.pdf.
3. RIBEIRO K. Ministério da Saúde. www.gov.br/saude, 25 ago. 2022.
4. BRUCE CD, et al. PubMed. pubmed.ncbi.nlm.nih.gov, 20 set. 2014.
5. CHESON BD, et al. Recommendations for initial evaluation, staging, and response assessment of Hodgkin and non-Hodgkin lymphoma: the Lugano classification. *J Clin Oncol*. 2014;32(27):3059–3068. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25113753/>.
6. Quang TS, Ferreira M, Andrade L, et al. Early detection of lymphoma using PET/CT: clinical impact on remission rates and survival. *J Nucl Med Technol*. 2017;45(3):123–129.
7. Dias EHV, Carvalho EB, Pereira DS. Princípios básicos e aplicações oncológicas da PET-CT/18F-FDG. *Rev Med (São Paulo)*. 2020;99(2):156–163. doi:10.11606/issn.1679-9836.v99i2p156-163.
8. Silva MR, Costa LA, Santos PF. Exposição ocupacional a agrotóxicos organofosforados e neoplasias hematológicas: uma revisão sistemática. *Rev Bras Epidemiol*. 2020;23:e200022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbepid/a/VGbHFsd7Dn6C76sdzdBqv9J/>.
9. Luiza et al. Comparison of 68Ga-PSMA and 18F-FDG PET/CT uptake in different lymphoma subtypes. *Hematology, Transfusion and Cell Therapy*. 2020;42(S1):48. doi:10.1016/j.htct.2020.09.086.
10. Albano D, Bosio G, Bertolini M, et al. PET/CT in Hodgkin lymphoma: an update. *Semin*

Nucl Med. 2022;52(1):62–73. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2021.09.003>.

11. Zaucha JM, McCarten KM. The role of PET/CT in the modern treatment of Hodgkin lymphoma. *Cancer Treat Rev.* 2019;77:102–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctrv.2019.05.003>.

12. Barrington SF, Kluge R. FDG PET for therapy monitoring in Hodgkin and non-Hodgkin lymphomas. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2017;44(Suppl 1):97–110. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28466184/>.

13. Jauhari S, Nasta SD. PET/CT in the evaluation of relapsed or refractory Hodgkin lymphoma. *Am J Hematol Oncol.* 2016;12(9):8–13.

14. Angelopoulou MK, Mosa E, Pangalis GA, et al. The significance of PET/CT in the initial staging of Hodgkin lymphoma: experience outside clinical trials. *Anticancer Res.* 2017;37(10):5727–5736. DOI: 10.21873/anticancer.12011.

15. Picardi M, et al. PET/MRI for staging patients with Hodgkin lymphoma: equivalent results with PET/CT in a prospective trial. *Ann Hematol.* 2021;100(6):1525–1535. DOI: 10.1007/s00277-021-04537-5.

16. Zanoni L, Bezzi D, Nanni C, et al. PET/CT in non-Hodgkin lymphoma: an update. *Semin Nucl Med.* 2023;53(3):320–351. DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2022.11.001.

17. Juweid ME, Mueller M, Alhourri A, et al. Positron emission tomography/computed tomography in the management of Hodgkin and B-cell non-Hodgkin lymphoma: an update. *Cancer.* 2021;127(20):3727–3741. DOI: 10.1002/cncr.33772.

18. Dann EJ, Bairey O, Bar-Shalom R, et al. Tailored therapy in Hodgkin lymphoma, based on predefined risk factors and early interim PET/CT: Israeli H2 study [resumo]. *Haematologica.* 2013;98(Suppl 2):110.

19. Frod R, Clark M, Burton C, et al. Utility of pre-treatment FDG PET/CT–derived machine learning models for outcome prediction in classical Hodgkin lymphoma. *Eur Radiol.*

2022;32(10):7237–7247. DOI: 10.1007/s00330-022-09039-0.

20. Machado M, Queiroz C, Pita J, et al. Predição de falha no tratamento de linfoma Hodgkin: uma abordagem de aprendizado de máquinas em 18F-FDG PET/CT. *Rev Bras Fís Med.* 2023;17:680. DOI: <https://doi.org/10.29384/rbfm.2023.v17.19849001680>.

21. Cheson BD, Kluge R, Sabri O, et al. Overview and recent advances in PET/CT imaging in lymphoma and multiple myeloma. *Eur J Radiol.* 2021;141:109793. doi:10.1016/j.ejrad.2021.109793.

22. Buchpiguel CA. Current status of PET/CT in the diagnosis and follow up of lymphomas. *Rev Bras Hematol Hemoter.* 2011;33(2):146–154. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbhh/a/BZkm6kjDXyTdzgkFVJHBJwL/>.