

## Radiofármacos: aplicação do fluorodeoxiglicose (FDG) associado ao PET/CT como alternativa de diagnóstico, mapeamento e estadiamento do câncer de mama

Carlos Daniel Da Silva Cordeiro<sup>1\*</sup>, Midiane De Oliveira Mendes<sup>1</sup>,  
Ana Beatriz Evangelista Oliveira Menezes<sup>2</sup>, Guilherme Gonçalves Pinheiro de Souza<sup>2</sup>, Luiz Da Silva Maia Neto<sup>3</sup>, Élyda Gonçalves de Lima<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduando em bacharelado em farmácia, Centro Universitário Brasileiro, Brasil. (\*Autor correspondente: carloscordeiro.farma@gmail.com)

<sup>2</sup> Graduado em bacharelado em Biomedicina, Centro Universitário Brasileiro, Brasil

<sup>3</sup> Doutor em Tecnologias Nucleares e Energéticas, Centro Universitário Brasileiro, Brasil.

<sup>4</sup> Doutora em Genética, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 02/03/2024 – Revisado em: 04/06/2024 – Aceito em: 01/09/2024

### RESUMO

A medicina nuclear desempenha um papel crucial nos métodos de diagnóstico do câncer, especialmente no caso das neoplasias mamárias, cujo impacto está aumentando no Brasil. O fluorodeoxiglicose, com estrutura molecular semelhante à glicose, possibilita a visualização do metabolismo celular através do PET scan. O PET/CT combina dados funcionais e anatômicos, oferecendo vantagens no estadiamento inicial e na avaliação da resposta em pacientes com câncer. Nesse contexto, o FDG-PET/CT surge como uma alternativa promissora de diagnóstico. Este estudo visa avaliar a eficácia do FDG-PET/CT na detecção precoce de lesões malignas mamárias em comparação com métodos de imagem convencionais, além de analisar sua contribuição na identificação da extensão da neoplasia em pacientes com câncer de mama. Pretende-se também investigar o potencial do FDG-PET/CT como uma alternativa para o planejamento terapêutico e monitoramento da resposta ao tratamento em pacientes oncológicos. Utilizou-se como metodologia a busca por estudos de 2018 a 2024, sendo selecionados 37 artigos após triagem de 113, dos quais 15 foram utilizados para os resultados, obtidos das bases de dados PubMed, Periódico Capes, Lilacs e Scielo, que abordam a eficácia do FDG-PET/CT na detecção, identificação da extensão da neoplasia e planejamento terapêutico. Foram excluídos da revisão artigos não diretamente relacionados à aplicação do FDG-PET/CT no câncer de mama. O FDG-PET/CT demonstra eficácia na detecção precoce e fornece informações prognósticas relevantes, respaldando os objetivos do estudo e destacando sua importância para o tratamento personalizado do câncer de mama.

**Palavras-Chaves:** Radiofármacos, Medicina Nuclear, FDG-PET/CT, Diagnóstico, Câncer de mama.

Radiopharmacy: application of fluorodeoxyglucose (FDG) associated with PET/CT as an alternative for diagnosing, mapping and staging breast cancer

### ABSTRACT

Nuclear medicine plays a crucial role in cancer diagnostic methods, especially in the case of breast neoplasms, whose impact is increasing in Brazil. Fluorodeoxyglucose, with a molecular structure similar to glucose, enables the visualization of cellular metabolism through PET scans. PET/CT combines functional and anatomical data, offering advantages in initial staging and response evaluation in cancer patients. In this context, FDG-PET/CT emerges as a promising diagnostic alternative. This study aims to evaluate the efficacy of FDG-PET/CT in the early detection of malignant breast lesions compared to conventional imaging methods, as well as to analyze its contribution to identifying the extent of neoplasms in breast cancer patients. Additionally, it intends to investigate the potential of FDG-PET/CT as an alternative for therapeutic planning and monitoring of treatment response in oncology patients. The methodology used involved searching for studies from 2018 to 2024, with 37 articles selected after screening 113, of which 15 were used for the results, obtained from the databases PubMed, Capes Journal, Lilacs, and Scielo, addressing the efficacy of FDG-PET/CT in detection, identification of the extent of neoplasms, and therapeutic planning. Articles not directly related to the application of FDG-PET/CT in breast cancer were excluded from the review. FDG-PET/CT demonstrates efficacy in early detection and provides relevant prognostic information, supporting the study's objectives and highlighting its importance for personalized breast cancer treatment.

**Keywords:** Radiopharmaceuticals, Nuclear Medicine, FDG-PET/CT, Diagnosis, Breast Cancer.

Silva Cordeiro CD, De Oliveira MM, Oliveira Mendes ABE, De Souza GGP, Maia Neto LS. Radiofármacos: aplicação do fluorodeoxiglicose (FDG) associado ao PET/CT como alternativa de diagnóstico, mapeamento e estadiamento do câncer de mama. *Revista Universitária Brasileira*. 2024;2(2):90 – 105.



Direitos do Autor. A Revista Universitária Brasileira utiliza a licença *Creative Commons* (CC BY 4.0)

## 1. Introdução

A medicina nuclear é uma disciplina médica que se utiliza de substâncias radioativas para o diagnóstico de diversas condições patológicas, incluindo o câncer. A aplicação de tecnologias nucleares na oncologia viabiliza uma abordagem mais precisa e personalizada, especialmente no que diz respeito aos exames por imagem, contribuindo significativamente para a eficácia dos tratamentos. Ademais, tais técnicas desempenham um papel crucial na detecção de tumores, na avaliação da resposta terapêutica e no direcionamento das intervenções clínicas<sup>20,3</sup>.

Com base nesses fundamentos, o câncer de mama emerge como uma das principais preocupações, especialmente ao considerar as projeções epidemiológicas no Brasil que apontam para mais de 15 mil óbitos atribuídos a essa condição específica no período de 2023 a 2025. Esses dados enfatizam a necessidade de medidas preventivas, diagnóstico precoce e tratamento eficaz para reduzir o impacto adverso do câncer de mama na população brasileira<sup>5</sup>.

Com base nesses fundamentos, o câncer de mama emerge como uma das principais preocupações, especialmente ao considerar as projeções epidemiológicas no Brasil que apontam para mais de 15 mil óbitos atribuídos a essa condição específica no período de 2023 a 2025. Esses dados enfatizam a necessidade de medidas preventivas, diagnóstico precoce e tratamento eficaz para reduzir o impacto adverso do câncer de mama na população brasileira<sup>5</sup>.

Segundo as análises de Picazo *et al.*, (2021)<sup>16</sup>, a gênese do câncer de mama não está restrita a uma única causa, mas surge a partir de uma complexa interação multifatorial. Essa complexidade abrange influências genéticas, ambientais e hormonais, desencadeando uma série de eventos moleculares que promovem o crescimento descontrolado e anormal das células mamárias, culminando na formação de tumores malignos.

Ainda no âmbito do câncer de mama, destaca-se na medicina nuclear o amplo uso do 18fluordesoxiglicose (F-18 FDG) como radionuclídeo, ou seja, um radiofármaco que desempenha um papel crucial no acompanhamento do paciente oncológico e tornando-se um facilitador essencial no tratamento dessa condição específica<sup>9</sup>.

Esta molécula se refere a um composto estruturalmente semelhante à glicose e é interiorizada pelas células por meio de proteínas transportadoras encontradas na membrana plasmática de diversas células. O acúmulo do radiofármaco nos tecidos é diretamente relacionado ao consumo de glicose, tornando-o uma ferramenta valiosa para visualizar e quantificar o metabolismo glicolítico celular, uma vez que é um liberador de energia luminosa podendo ser estadiada através da tecnologia PET/CT<sup>8</sup>.

A observação deste estadiamento, ou seja, a mensuração da captação de F-18 FDG, não apenas auxilia na tomada de decisões clínicas, mas também fornece informações valiosas sobre os processos metabólicos subjacentes, permitindo uma abordagem mais completa na gestão clínica de pacientes com neoplasias mamárias<sup>7</sup>.

Com isso, entendendo o câncer de mama e o 18F-FDG de forma isoladas, pode-se compreender que a integração da tomografia por emissão de pósitrons com 2-desoxi-2-[18F]fluordeoxiglicose (FDG-PET), também conhecida como PET scan, desempenha um papel crucial no diagnóstico e monitoramento de diversos tipos de câncer, entre os quais o câncer de mama se destaca<sup>10</sup>.

O propósito deste estudo consiste em expor a utilização do Flúor-18 em associação com a tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada (PET/CT) como uma alternativa diagnóstico-terapêutica para a avaliação do estadiamento e rastreamento do câncer de mama ductal. Este enfoque fundamenta-se nas informações mais recentes acerca do tema.

## 2. Material e Métodos

Trata-se de uma revisão integrativa de literatura bibliográfica sobre a aplicação do radiofármaco fluordesoxiglicose (FDG) associado à tomografia por emissão de pósitrons (PET/CT) como alternativa de diagnóstico, mapeamento e estadiamento do câncer de mama. Para tal, foi realizado um levantamento de artigos de revisão bibliográfica, relatos de casos e ensaios clínicos no período dos anos de 2018 a 2023.

### *Estratégia de pesquisa:*

A estratégia de busca foi planejada com o objetivo de identificar estudos relevantes sobre a utilização do FDG-PET/CT no contexto do câncer de mama. Os seguintes descritores foram utilizados na busca: "radiofármacos"; "fluordesoxiglicose"; "FDG"; "PET/CT"; "câncer de mama AND PET/CT"; "diagnóstico de câncer de mama"; "mapeamento de câncer de mama"; "estadiamento de câncer de mama".

Esses termos foram combinados de maneira a abranger o maior número possível de estudos pertinentes ao tema, sendo eles de origem nacional e internacional.

### *Crítérios de Inclusão:*

Foram incluídos na revisão artigos que atendessem aos seguintes critérios:

- Estudos que investigaram a aplicação do FDG-PET/CT no diagnóstico, mapeamento ou estadiamento do câncer de mama.
- Artigos que discutiram a eficácia do FDG-PET/CT na detecção precoce de lesões mamárias malignas e na identificação da extensão da neoplasia em pacientes diagnosticadas com câncer de mama.
- Publicações que abordaram o potencial do FDG-PET/CT como uma ferramenta alternativa para o planejamento terapêutico e monitoramento da resposta ao tratamento em pacientes com câncer de mama.

### *Crítérios de Exclusão:*

Foram excluídos da revisão artigos que não estavam diretamente relacionados à aplicação do FDG-PET/CT no câncer de mama.

### *Processo de Seleção e Análise dos Artigos:*

Os artigos foram selecionados inicialmente com base em seus títulos e resumos, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, nas bases de dados “PubMed, Periódico Capes, Lilacs, Scielo”. A princípio foi feita a triagem de 113 artigos e destes, foram utilizados para a fundamentação teórica deste trabalho 37 artigos. Posteriormente, os artigos selecionados foram lidos na íntegra e analisados detalhadamente para identificar sua relevância para o tema em questão, onde 15 artigos foram explorados.

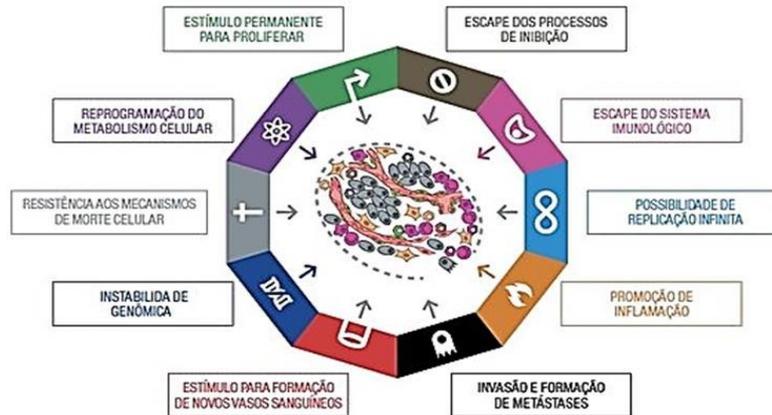
## 3. Referencial Teórico

### *3.1 Fisiopatologia do câncer de mama*

Como descrito por Picazo *et al.*, (2021)<sup>16</sup>, O câncer de mama, à semelhança da maioria das neoplasias malignas, é uma condição de etiologia multifatorial (Figura 1). A patogênese desta afecção emerge de uma complexa interação entre diversos fatores. Esta interação abarca influências genéticas, ambientais e hormonais, desencadeando uma sequência de eventos moleculares que promovem o crescimento desordenado e anômalo

das células mamárias, resultando na formação de tumores malignos.

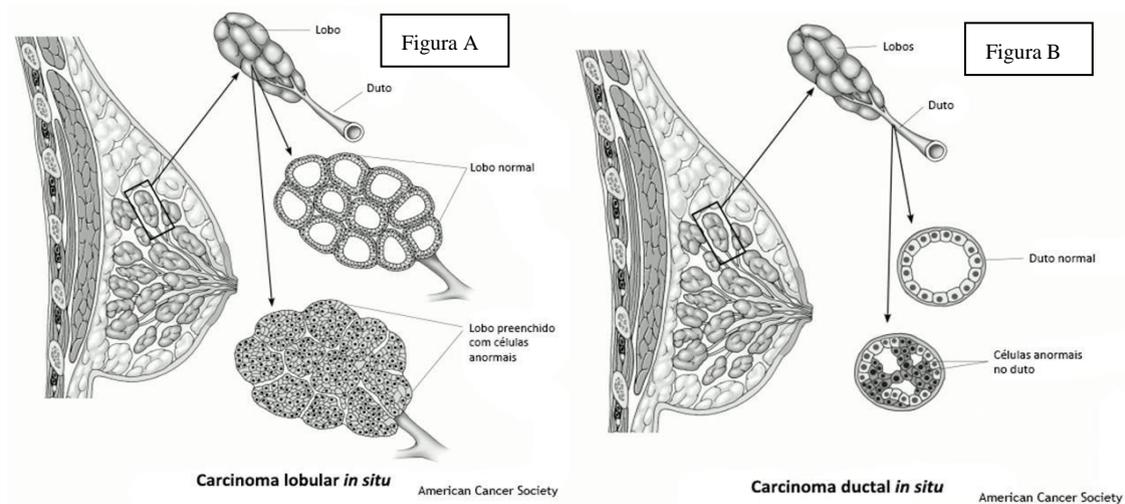
**Figura 1** - Características gerais do câncer.  
 Figure 1 - General characteristics of cancer.



**Fonte** - Hanana; Weinberg, 2011.  
 Source - Hanana; Weinberg, 2011.

As células mais afetadas pelo câncer de mama são aquelas nos lóbulos e ductos mamários, dando origem aos carcinomas lobular e ductal (Figura 2). Esses subtipos são distintos com base nas áreas específicas de origem das células cancerosas. O carcinoma lobular tem suas raízes nos lobos mamários, enquanto o carcinoma ductal se desenvolve nos ductos mamários. Essa diferenciação é crucial para uma compreensão mais precisa da doença, possibilitando abordagens personalizadas de diagnóstico e tratamento<sup>8</sup>.

**Figura 2** – Carcinoma Lobular e Ductal *in situ*  
 Figure 2 - Lobular carcinoma *in situ*



**Fonte:** American Cancer Society, 2012.  
 Source: American Cancer Society, 2012.

A patogênese do câncer de mama é influenciada por diversas vias celulares cruciais, entre as quais se destacam a via fosfatidilinositol 3-quinase (PI3K/AKT) e a via Ras-Raf-MEK-ERK (RAS/MEK/ERK). Estas vias desempenham um papel fundamental na proteção das células contra a apoptose, sendo essenciais para a manutenção da homeostase celular. No entanto, a presença de mutações nos genes responsáveis por codificar essas vias resulta em uma disfunção no mecanismo de apoptose, prejudicando a regulação adequada do ciclo celular<sup>16</sup>.

A influência da exposição crônica ao estrogênio na geração de mutações genéticas destaca a complexidade da interação entre fatores hormonais e a carcinogênese mamária. Condições endócrinas, como menarca precoce, menopausa tardia, gestação tardia e o uso de estrógenos exógenos, são componentes relevantes no risco de desenvolvimento do câncer de mama, enfatizando a importância da compreensão desses fatores para o desenvolvimento de estratégias eficazes na prevenção e tratamento da doença<sup>22</sup>.

Outras mutações vinculadas ao câncer de mama, como descreveu Nicolau *et al.*, (2021)<sup>15</sup>, afetam genes essenciais do genoma, como p53, BRCA1 e BRCA2. Estas mutações se destacam ao promoverem a divisão celular descontrolada, inibir a apoptose e facilitar a metástase para órgãos distantes. Essas alterações genéticas desencadeiam um desequilíbrio nas funções celulares normais, desempenhando um papel crucial na progressão e disseminação sistêmica do câncer de mama.

O câncer de mama representa 25% dos casos globais de câncer, sendo um dos tipos mais comuns entre mulheres. A mortalidade associada a essa neoplasia está diretamente ligada a fatores sociais, com países desenvolvidos apresentando taxas de mortalidade menores devido ao fácil acesso a métodos de diagnóstico preventivo, ao contrário de países com programas de rastreamento ineficazes<sup>1</sup>. Dados do Instituto Nacional de Câncer mostram alta incidência nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, onde a doença é mais comum em mulheres acima de 50 anos e rara em homens, afetando apenas 1% dos casos<sup>4</sup>. Essas estatísticas são cruciais para o desenvolvimento de políticas de saúde preventiva.

Segundo Costa *et al.*, (2018), cerca de 60 mil mulheres desenvolveram câncer de mama, representando 16,3% dos óbitos por câncer em mulheres no Brasil, o que coloca essa neoplasia em primeiro lugar em comparação a outros tipos de câncer<sup>1</sup>. De 1980 a 2020, as taxas de mortalidade por câncer de mama no Brasil cresceram progressivamente, mas esse crescimento desacelerou nas regiões Sul e Sudeste. No Nordeste, a mortalidade proporcional por câncer de mama é de 15,9%, a terceira mais alta<sup>4</sup>. A estabilização e redução da mortalidade são atribuídas ao rastreamento mamográfico em mulheres acima de 50 anos, já que o rastreamento em idades menores não apresenta um custo-benefício significativo<sup>1</sup>.

## 3.2 [18F] Fluorodeoxyglicose

### 3.2.1 Aspectos da molécula

O fluorodesoxiglicose (FDG), marcada com o radiofármaco amplamente utilizado na Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET), o Flúor-18 (F-18), é um análogo estrutural da glicose, sendo transportada às células vivas por meio de transportadores de membrana de glicose. O acúmulo do F-18 FDG nos tecidos é diretamente proporcional ao consumo de glicose, apresentando-se como uma ferramenta valiosa para a visualização e quantificação do metabolismo glicolítico celular<sup>8</sup>.

Em cenários oncológicos, o aumento expressivo no uso de glicose, associado à elevada atividade da hexoquinase e a maior expressão do GLUT, destaca a utilidade do F-18 FDG PET como método consagrado para diagnóstico, estadiamento, reestadiamento e avaliação da resposta ao tratamento em oncologia<sup>29</sup>.

A aplicação do F-18 FDG PET vai além do diagnóstico, abrangendo uma avaliação dinâmica da resposta terapêutica em pacientes oncológicos. Sua eficácia comprovada não apenas permite o diagnóstico precoce, mas também fornece informações detalhadas sobre o estágio da doença, tornando-se crucial para a definição de estratégias terapêuticas e monitoramento da resposta ao tratamento em oncologia<sup>8</sup>.

A visualização e quantificação da captação de F-18 FDG não só contribuem para a tomada de decisões clínicas, mas também oferecem insights valiosos para a compreensão dos processos metabólicos subjacentes, proporcionando uma abordagem mais abrangente na gestão clínica de pacientes com malignidades<sup>9</sup>.

### 3.2.2 Mecanismo de ação do 18FDG e Aplicações clínicas

O FDG, análogo da glicose, segue uma via metabólica semelhante à glicose, sendo internalizado nas células por meio dos transportadores de glicose (GLUT). Uma vez adentrado as células, passa por uma fosforilação irreversível, e fica retido intracelularmente. No entanto, em contraste com a glicose, o FDG não sofre glicólise adicional devido à ausência de um grupo 2-hidroxila<sup>29</sup>.

Este composto, análogo estrutural da glicose, apresenta uma meia-vida substancialmente longa, aproximadamente 110 minutos em comparação a outros radiofármacos. Sua eficácia decorre da captação preferencial por células metabolicamente ativas, permitindo a visualização das atividades metabólicas, bioquímicas e funcionais celulares por meio do exame<sup>2</sup>.

O procedimento de aquisição de imagens gera um mapeamento da distribuição do 18F-FDG no organismo. Após ser captado pelas células, o 18F-FDG é fosforilado pela ação da hexoquinase, resultando em 18F-desoxiglicose-6-fosfato, permanece retida na célula nesta forma molecular. A incapacidade de prosseguir no caminho metabólico, aliada à meia-vida prolongada do flúor-18, torna o 18F-FDG um radiofármaco excelente para a obtenção de imagens do metabolismo glicolítico<sup>28</sup>.

A técnica se baseia na detecção de dois fótons que são emitidos em direções opostas após a aniquilação, que é o resultado de uma colisão entre uma partícula e sua antipartícula, culminando na transmutação dessas partículas em dois fótons de radiação gama. Esse processo específico ocorre entre um pósitron ( $\beta^+$ ) e um elétron presente no meio. Os fótons resultantes desse evento são identificados por detectores que estão conectados em coincidência ao longo do seu próprio eixo<sup>2</sup>.

No exame, as células cancerosas se evidenciam devido à sua intensa atividade metabólica. Esse fenômeno ocorre porque as células cancerosas, necessitando de considerável energia glicolítica para sustentar suas atividades celulares, são alvos diretos do radiofármaco, análogo da glicose. Como resultado, o mapeamento é capaz de identificar áreas com maior atividade celular, visto que o 18F-FDG se acumula de forma significativa nessas regiões<sup>28</sup>.

O radionuclídeo é uma ferramenta essencial na oncologia, fornecendo informações metabólicas cruciais que auxiliam em várias etapas do manejo do câncer. Sua capacidade de se acumular em tecidos com alta atividade metabólica, como células tumorais, permite sua aplicação em diagnóstico, estadiamento, planejamento terapêutico, monitoramento da resposta ao tratamento e detecção de recidivas<sup>28</sup>.

No diagnóstico, o FDG diferencia lesões malignas de benignas, enquanto no estadiamento, permite a detecção de metástases locais e à distância, essencial para determinar a extensão da doença<sup>29</sup>.

### 3.3 Tomografia por emissão de pósitrons/Tomografia computadorizada (PET/CT)

A tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada (PET/CT) integra dados funcionais e anatômicos, oferecendo vantagens sobre a imagem anatômica isolada no estadiamento inicial e na avaliação da resposta ao tratamento em pacientes com câncer<sup>5</sup>. Esta técnica, amplamente utilizada para o diagnóstico de neoplasias, combina a PET com a Tomografia Computadorizada (CT), permitindo a obtenção de imagens de alta qualidade para diagnósticos precoces e precisos, destacando-se na avaliação inicial e no acompanhamento terapêutico de pacientes oncológicos<sup>28</sup>.

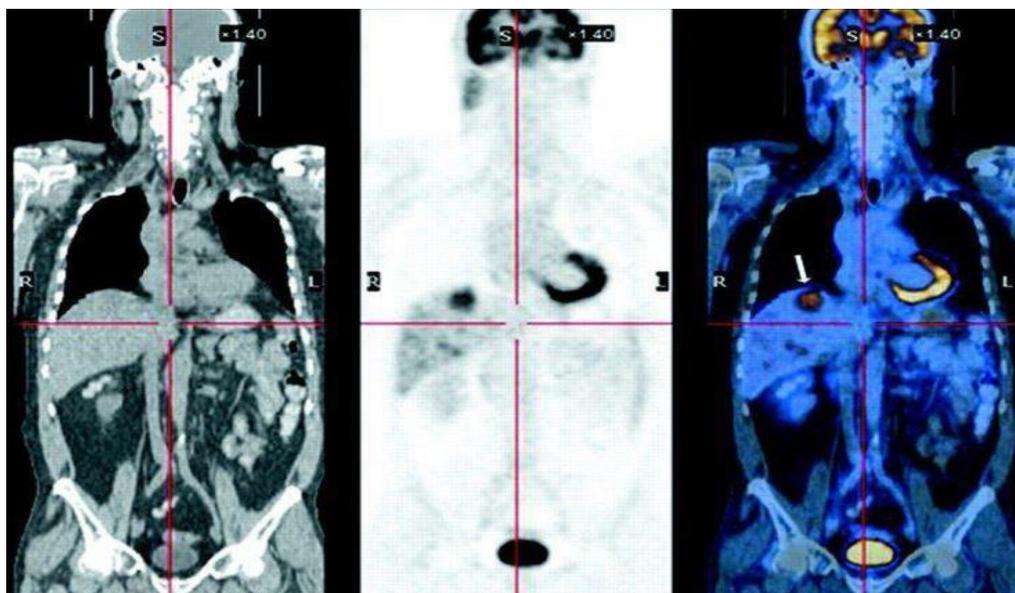
A tomografia computadorizada (CT) possibilita a visualização de estruturas internas do corpo por meio de imagens anatômicas, facilitando o diagnóstico de condições médicas<sup>16</sup>. Empregada em várias especialidades médicas, a CT tornou-se uma ferramenta de rotina em hospitais e estudos científicos. Avanços tecnológicos

reduziram o tempo de exame, aprimoraram a qualidade das imagens e aumentaram o conforto dos pacientes<sup>21</sup>. A imagem é obtida medindo-se a atenuação diferencial dos Raios X ao atravessarem o corpo, produzindo sinais que são corrigidos e reconstruídos por computador, resultando em imagens onde a absorção do feixe pelos tecidos determina a clareza ou escuridão na representação<sup>16</sup>.

A Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET), especialmente quando combinada com a CT (PET/CT), tem um impacto significativo em Oncologia, Cardiologia e Neurologia<sup>24</sup>. Na Oncologia, a PET é utilizada para diferenciar processos malignos e benignos, estadiar a doença, detectar recidivas, avaliar a resposta ao tratamento e prognosticar, alterando a abordagem clínica dos pacientes<sup>14</sup>. A PET baseia-se na detecção de pósitrons emitidos por radionuclídeos radioativos, que colidem com elétrons nos tecidos, emitindo raios gama detectados pelo equipamento PET. Essas detecções permitem a reconstrução de imagens tridimensionais que revelam a distribuição e a atividade metabólica dos radiofármacos, facilitando diagnósticos precoces e avaliações de várias doenças, incluindo câncer, doenças cardíacas e neurológicas<sup>26</sup>.

A PET avalia alterações metabólicas antes das anatômicas, enquanto a CT fornece informações detalhadas sobre tamanho, forma e localização das estruturas, com a combinação revelando imagens de alta definição que facilitam a análise clínica<sup>25</sup>, como demonstra a Figura 3.

**Figura 3** – Combinação de imagens obtidas pelo PET/CT  
Figure 3 - Combination of images obtained by PET/CT



A - Imagens obtidas de PET Scan com o FDG; B – Tomografia computadorizada, C – combinação de imagens A e B

Fonte - <https://www.einstein.br/PublishingImages/Lists/PortalContent/AllItems/onco3.jpg>

Source - <https://www.einstein.br/PublishingImages/Lists/PortalContent/AllItems/onco3.jpg>

Desta forma, como evidenciado na ilustração, ver-se à esquerda a tomografia que apresenta detalhadamente a anatomia, a imagem do meio correspondente ao PET, revelando os locais de alta atividade metabólica, e na terceira imagem, o computador integra as duas imagens anteriores evidenciando claramente a presença de câncer no fígado deste paciente<sup>12</sup>.

### 3.4 Associação do uso do 18-FDG com PET/CT para o câncer de mama

O elevado número de casos de câncer de mama, aliado aos impactos econômicos e sociais decorrentes dessa enfermidade, configura um considerável desafio de saúde pública. Nesse sentido, a prevenção do câncer de mama, abrangendo medidas em todos os níveis de saúde, emerge como estratégia fundamental para mitigar tais efeitos adversos<sup>11</sup>.

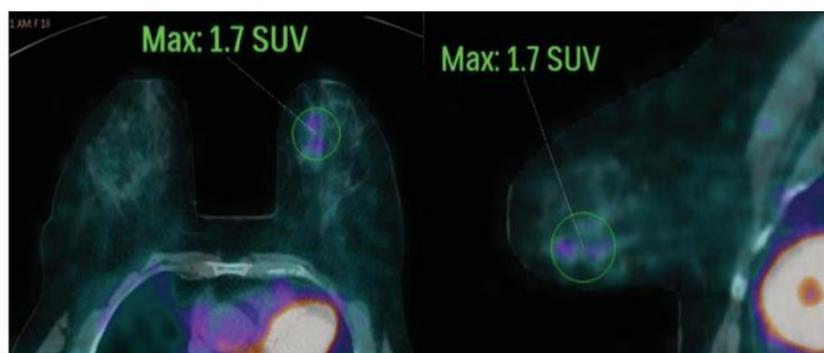
Identificar o câncer de mama precocemente aumenta as chances de cura, possibilitando preservar a mama e utilizar tratamentos menos invasivos. A detecção precoce permite intervenções terapêuticas mais eficazes e menos agressivas, contribuindo para uma melhor qualidade de vida da paciente<sup>22</sup>.

Com os avanços contínuos da imagiologia, os procedimentos intervencionistas guiados por imagem têm ganhado destaque na oncologia. Nos últimos anos, a tomografia por emissão de pósitrons com 18F-fluordesoxiglicose (18F-FDG PET/TC) tem se destacado como uma modalidade de imagem promissora na avaliação de tumores malignos<sup>27</sup>.

Devido às limitações associadas à mamografia, ultrassonografia e ressonância magnética, há uma crescente adoção de novas modalidades de imagem funcional para melhorar o diagnóstico das neoplasias mamárias. Entre essas modalidades, destaca-se a tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada (PET/CT) com flúor-2-deoxi-D-glicose 18F- (FDG-18F), que tem sido empregada no diagnóstico e estadiamento do câncer de mama<sup>6</sup>.

A PET/CT com FDG-18F tem se destacado no câncer de mama, demonstrando eficácia no diagnóstico, estadiamento e monitoramento da resposta ao tratamento. É útil na detecção de metástases e recidivas, contribuindo para uma abordagem terapêutica mais precisa e personalizada. Sua crescente utilização reflete sua capacidade de identificar lesões anteriormente consideradas inacessíveis por se tratar de estágios iniciais de diferenciação celular (Figura 4), e agora, com o uso deste radionuclídeo, podendo ser acessadas com segurança, resultando em melhores resultados para os pacientes<sup>27</sup>.

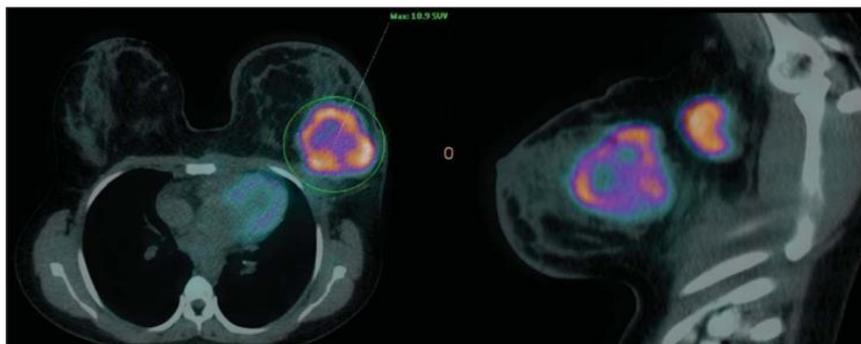
**Figura 4** – Detecção precoce de neoplasia mamária com o uso do FDG  
Figure 4 - Early detection of breast neoplasia using FDG



**Fonte** - Bitencourt *et al.*, (2014)  
Source - Bitencourt *et al.*, (2014)

O papel do 18FDG PET/CT em estágios iniciais está sendo explorado devido ao crescente reconhecimento da importância do diagnóstico precoce no câncer de mama. Embora tradicionalmente utilizado para estadiamento e monitoramento de tumores avançados (Figura 5), 18FDG PET/CT tem o potencial de identificar tumores de mama mais agressivos e suas implicações prognósticas, podendo ser ferramenta útil para prever as características biológicas do tumor antes do tratamento<sup>11</sup>.

**Figura 5** – Detecção de carcinoma ductal invasivo em estado avançado com linfonodomegalia axilar.  
 Figure 5 - Detection of advanced invasive ductal carcinoma with axillary lymphadenopathy.



Fonte - Bitencourt *et al.*, (2014)  
 Source - Bitencourt *et al.*, (2014)

Desta forma, a associação do 18-FDG com PET/CT no câncer de mama oferece uma ferramenta valiosa para diagnóstico e monitoramento da doença. Sua capacidade de detectar precocemente alterações metabólicas e identificar lesões malignas avançadas contribui para um manejo mais eficiente desta patologia. No entanto, são necessárias mais pesquisas para entender completamente seu papel em diferentes estágios da doença e comparar sua eficácia com outras modalidades de imagem.

#### 4. Resultados e Discussão

Dos 44 artigos revisados, uma seleção criteriosa resultou em 9 estudos considerados pertinentes para a discussão. Essa análise detalhada e seletiva permite uma abordagem concisa sobre a aplicação do FDG-PET/CT no diagnóstico, mapeamento e estadiamento do câncer de mama, comparando e contrastando as descobertas e perspectivas entre os autores selecionados. Os detalhes desses estudos estão apresentados na **Tabela 1**, onde são destacados, por coluna, o autor e ano de publicação, o título do trabalho, a base de dados e os principais resultados encontrados.

**Tabela 1** - Tabela com principais resultados do uso do F-18 PET/CT  
 Table 1 - Table with main results from the use of F-18 PET/CT

AUTOR/ANO	TÍTULO DO TRABALHO	BASE DE DADOS	PRINCIPAIS RESULTADOS
Morariu <i>et al.</i> , (2020) <sup>13</sup>	Is there a place for F18-FDG PET/CT in the diagnosis of primary breast cancer?	Periódico Capes	Os resultados mostraram que o PET/CT com 18F-FDG contribuiu significativamente para o estadiamento e manejo precisos do câncer de mama.
Riezu Arana, (2022) <sup>18</sup>	Uso de positrones para el diagnóstico del cáncer de mama	Lilacs	Em suma, a tomografia por emissão de pósitrons utilizando é uma modalidade diagnóstica com grande potencial futuro e, após anos de pesquisa, poderia tornar-se ainda mais eficiente.

Salvatierra <i>et al.</i> , (2019) <sup>19</sup>	Parámetros de la 18F-FDG PET/CT asociado con los factores pronósticos en la estadificación inicial del Cáncer de Mama	Scielo	A evidência para a recomendação sistemática da PET/CT com 18F-FDG em câncer de mama triplo negativo para avaliação do diagnóstico real e do impacto terapêutico está bem estabelecida.
Park, (2023) <sup>37</sup>	Prognostic impact of 18F-FDG PET/CT in pathologic stage II invasive ductal carcinoma of the breast: re-illuminating the value of PET/CT in intermediate-risk breast cancer.	PubMed	PET/CT pode ser uma ferramenta prognóstica poderosa em conjunto com novos sistemas de estadiamento e biomarcadores atuais para pacientes submetidos à terapia contemporânea.
Santos, (2019) <sup>21</sup>	The role of 18F-FDG PET/CT in staging breast cancer: comparative analysis with breast MRI.	Scielo	A aplicação ao PET com redução de FPs obteve os melhores resultados de todas as abordagens. Essa metodologia alcançou um IOU de 0,308, uma precisão de 0,371, um recall de 0,568 e 2,766 FPs por paciente.
Pérez-García <i>et al.</i> , (2024) <sup>17</sup>	3-year invasive disease-free survival with chemotherapy de-escalation using an 18F-FDG-PET-based, pathological complete response-adapted strategy in HER2-positive early breast cancer (PHERGain): a randomised, open-label, phase 2 trial	PubMed	Entre os pacientes com EBC HER2-positivo, uma estratégia baseada em PET-18FDG e adaptada ao pCR foi associada a um excelente iDFS de 3 anos. Esta estratégia identificou cerca de um terço dos pacientes com EBC HER2-positivo que poderiam omitir a quimioterapia com segurança.
Sengoz T. <i>et al.</i> , (2022) <sup>23</sup>	Relações da captação de 18 F-FDG por tumores primários com fatores prognósticos e subtipo molecular no câncer de mama ductal	PubMed	O alto valor de SUVmax está associado a fatores que sugerem mau prognóstico. Pré-tratamento 18 F-FDG PET/CT pode ser usado como uma ferramenta para prever o prognóstico no câncer de mama.
Júnior R. <i>et al.</i> , (2024) <sup>30</sup>	Contribuições do PET/CT FDG-18F na detecção de doença avançada no câncer de mama	Scielo	Os resultados demonstraram que o PET/CT FDG-18F contribui significativamente para a permanência do câncer de mama, corroborando com a literatura no que tange à detecção de estágios avançados da doença (notadamente do ponto de vista linfonodal e metastático à distância), o que é fundamental para a escolha do tratamento mais adequado.
Tibana TK. <i>et al.</i> , (2019) <sup>27</sup>	Detecção de malignidades primárias adicionais: o papel da TC e PET/CT combinada com múltiplas biópsias percutâneas	Scielo	A TC e a 18-F-FDG PET-CT combinadas com múltiplas biópsias percutâneas poderiam facilitar o diagnóstico de lesões adicionais, otimizando assim o tratamento e o acompanhamento dos pacientes afetados.
Bitencourt <i>et al.</i> , (2017) <sup>31</sup>	Detection of distant metastases in patients with locally advanced breast cancer: role of <sup>18</sup> F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography and conventional imaging with computed tomography scans	Scielo	Este estudo mostrou que a PET/TC e os exames de imagem convencionais têm sensibilidade similar no diagnóstico de metástases a distância nas pacientes com câncer de mama localmente avançado. A PET/TC pode adicionar informações sobre o envolvimento de linfonodos extra-axilares.
Hadebe <i>et al.</i> , (2023) <sup>32</sup>	O papel da PET/CT no câncer de mama	PubMed	A imagem PET/CT com 18 F-FDG tem eficácia diagnóstica superior em comparação à imagem morfológica convencional para detectar metástases regionais e distantes no câncer de mama.

<b>Bitencourt et al., (2014)<sup>33</sup></b>	<b>Correlação entre resultado do PET/CT e achados histológicos e imuno-histoquímicos em carcinomas mamários.</b>	<b>PubMed</b>	O PET/CT com 18F-FDG realizado com protocolo específico para avaliação das mamas tem boa sensibilidade no diagnóstico dos carcinomas mamários e permite a identificação dos tumores mais agressivos na histologia.
<b>AVRIL et al., (2016)<sup>34</sup></b>	<b>18F-FDG PET/CT for Monitoring of Treatment Response in Breast Cancer</b>	<b>Scielo</b>	A força de uma avaliação histopatológica é a identificação de um pCR após o conclusão do tratamento sistêmico, enquanto a força do 18F-FDG PET é a identificação de não respondedores no início do tratamento.
<b>Lim et al., (2007)<sup>35</sup></b>	<b>FDG PET/CT para detecção e avaliação de doenças mamárias: utilidade e limitações</b>	<b>Scielo</b>	PET/CT é útil para determinar com precisão o localizações anatômicas de áreas de maior captação, um tarefa difícil apenas com PET.
<b>ROSEN et al., (2007)<sup>36</sup></b>	<b>FDG PET, PET/CT, and breast cancer imaging</b>	<b>Scielo</b>	FDG PET e PET/CT demonstraram ser mais útil no estadiamento recorrente ou metastático câncer de mama e na avaliação da resposta de câncer de mama localmente avançado e metastático para tratamento

Fonte: Elaborada pelo autor  
Source: Prepared by the author

Conforme relatado por Morariu *et al.*, (2020)<sup>13</sup> e Riezu (2022)<sup>18</sup>, o 18F-FDG demonstra ser uma técnica com considerável potencial no contexto do câncer de mama. Esta afirmação é corroborada pelos estudos de Salvatierra *et al.*, 2019<sup>28</sup> os quais evidenciam que, em comparação com outras modalidades diagnósticas, a técnica de 18F-FDG com PET/CT revela uma maior captação em carcinomas ductais invasivos.

Outra análise relevante emerge dos estudos de Park (2023)<sup>37</sup>, os quais se concentram na utilidade prognóstica da PET/CT no carcinoma ductal invasivo (CDI), destacando sua capacidade de antecipar recorrências e guiar abordagens terapêuticas no câncer de mama.

Além disso, os estudos conduzidos por Santos (2019)<sup>21</sup> enfatizam a eficácia de uma estratégia específica aplicada à PET para reduzir falsos positivos (FP), com resultados de Interseção sobre União (IOU), indicando maior precisão na identificação de lesões mamárias malignas frente a outros métodos. Essas descobertas reforçam a eficácia da PET/CT como uma ferramenta prognóstica promissora, complementando os sistemas de estadiamento convencionais e os biomarcadores contemporâneos.

O estudo realizado por Pérez-García *et al.*, 2024<sup>17</sup> destaca a eficácia da tomografia por emissão de pósitrons (PET) adaptada à resposta patológica completa (pCR) e ao uso do 18-FDG no direcionamento do tratamento para pacientes com câncer de mama invasivo (EBC) positivo para HER2. Os resultados revelaram uma redução significativa nas taxas de recorrência ao longo de três anos, sugerindo que essa abordagem personalizada pode desempenhar um papel crucial na prevenção da recidiva da doença. Além disso, a capacidade demonstrada por essa estratégia de identificar cerca de um terço dos pacientes que podem evitar com segurança a quimioterapia destaca sua relevância clínica e seu potencial para melhorar a qualidade de vida desses pacientes.

Por outro lado, como evidenciou Sengoz e colaboradores (2022)<sup>23</sup> a utilização do PET/CT com 18-FDG antes do tratamento, emerge como uma ferramenta valiosa para prever o prognóstico nos casos em que a relação entre o valor máximo de captação padronizada (SUVmax) e os fatores prognósticos negativos associados ao câncer de mama surgem como o mau prognóstico em estudos prévios. Isso sugere que a avaliação do SUVmax através do PET/CT pode fornecer informações cruciais que ajudam os clínicos a anteciparem a

progressão da doença e a adaptar os planos de tratamento, contribuindo assim para uma abordagem mais personalizada e eficaz no manejo do câncer de mama.

Outros resultados significativos, foram descritos por Junior *et al.*, 2024<sup>30</sup> indicando que a PET/CT com FDG-18F desempenha um papel significativo no estadiamento do câncer de mama, em concordância com achados da literatura, especialmente na detecção de estágios avançados da doença. Essa precisão é essencial para orientar a seleção do tratamento mais apropriado.

Para Park (2023)<sup>37</sup> e Tibana (2019)<sup>27</sup> a importância do PET/CT com FDG-18F na detecção e estadiamento do câncer de mama, destaca-se por sua capacidade de identificar estágios avançados da doença, especialmente em relação ao envolvimento linfonodal e metástases à distância. Os autores também ressaltam que a combinação de TC, PET/CT com FDG-18F e múltiplas biópsias percutâneas pode melhorar significativamente o prognóstico e manejo de lesões adicionais. Além disso, o PET/CT é considerado uma ferramenta prognóstica de alta relevância quando utilizado junto com novos sistemas de estadiamento e biomarcadores atuais, contribuindo para um manejo com maior precisão e personalizado das terapias contemporâneas.

Os resultados do estudo de Bitencourt et al. (2017)<sup>31</sup> demonstram que a PET/CT e os exames de imagem convencionais apresentam sensibilidade semelhante para o diagnóstico de metástases a distância. No entanto, a PET/CT se destaca por sua capacidade adicional de fornecer informações sobre o envolvimento de linfonodos extra axilares, o que pode ser crucial para a determinação do estágio da doença e a escolha da abordagem terapêutica mais adequada. Isso é consistente com a literatura, que sugere que a PET/CT é superior para identificar metástases regionais e distantes em comparação com as técnicas de imagem morfológica convencionais<sup>32</sup>.

Além disso, a PET/CT realizada com protocolo específico para avaliação das mamas apresenta uma boa sensibilidade no diagnóstico de carcinomas mamários e é eficaz na identificação de tumores mais agressivos com base na histologia<sup>33</sup>. Isso reforça a utilidade do PET/CT não apenas na detecção de metástases, mas também na avaliação da agressividade do tumor, proporcionando informações valiosas para o manejo clínico.

A avaliação histopatológica, por outro lado, é particularmente forte na identificação de resposta completa patológica (pCR) após o tratamento sistêmico. Em contraste, o PET/CT com 18F-FDG é eficaz na identificação de pacientes que não respondem ao tratamento no início, oferecendo uma vantagem importante para ajustes precoces na abordagem terapêutica<sup>34</sup>. Esta distinção destaca a complementaridade das duas técnicas: enquanto a histopatologia fornece insights detalhados sobre a resposta ao tratamento, o PET/CT oferece uma visão antecipada da eficácia do tratamento.

A capacidade do PET/CT em determinar com precisão as localizações anatômicas de áreas de maior captação também é notável, uma tarefa que é desafiadora quando realizada apenas com PET<sup>35</sup>. Este aspecto é crucial para uma avaliação precisa e para guiar intervenções direcionadas.

Finalmente, a literatura sugere que tanto o FDG PET quanto o PET/CT têm um papel significativo no estadiamento do câncer de mama metastático e na avaliação da resposta ao tratamento, especialmente em casos de câncer localmente avançado e metastático<sup>36</sup>. Estas técnicas são fundamentais para o manejo eficaz dos pacientes, oferecendo informações essenciais para a personalização do tratamento e a monitorização da progressão da doença.

## 5. Conclusão

Por fim, a capacidade do FDG-PET/CT em fornecer informações prognósticas valiosas destaca-se pela avaliação do SUVmax, que pode identificar pacientes com prognóstico desfavorável, permitindo intervenções terapêuticas precoces e personalizadas. A precisão do FDG-PET/CT no estadiamento do câncer de mama, especialmente na detecção de estágios avançados, reforça seu papel como uma técnica alternativa eficaz na avaliação inicial e na determinação da extensão da neoplasia.

Os resultados deste estudo demonstram que o FDG-PET/CT é uma alternativa altamente promissora para o diagnóstico, mapeamento e estadiamento do câncer de mama. Esta modalidade diagnóstica tem o potencial de melhorar a precisão diagnóstica e prognóstica, além de influenciar positivamente o manejo clínico e os desfechos das pacientes acometidas por essa patologia.

## 6. Agradecimento

Agradecimento ao Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA pelo incentivo ao nosso estudo.

## 7. Referências

1. COSTA, L. D. L. N.; SARDINHA, A. H. de L.; VERZARO, P. M.; LISBÔA, L. L. C.; BATISTA, R. F. **L. Mortalidade por Câncer de Mama e Condições de Desenvolvimento Humano no Brasil.** Revista Brasileira de Cancerologia, [S. l.], v. 65, n. 1, p. e-12050, 2019. DOI: 10.32635/2176-9745.RBC.2019v65n1.50.
2. GONÇALVES, D et al., **PET-CT.** Centro Universitário das Américas, São Paulo, 2019.
3. GOUVEIA P, Sá Pinto A, Violante L, Nunes S, Teixeira R, Petiz A, Duarte LH. **18F-FDG PET/CT in Patients with Vulvar and Vaginal Cancer: A Preliminary Study of 20 Cases.** Acta Med Port. 2022 Mar 2;35(3):170-175. doi: 10.20344/amp.12510. Epub 2021 Nov 24. PMID: 34818510.
4. Instituto Nacional de Câncer (INCA). **Incidência de câncer no Brasil.** Rio de Janeiro: INCA; 2022.
5. Instituto Nacional de Câncer (INCA). **Incidência de câncer no Brasil.** Rio de Janeiro: INCA; 2023.
6. JESUS, Yasmin Pamela; SILVA, Rejane Lima; BOLOGNESI, Leandro. **EFICÁCIA DA PET/CT NO CÂNCER DE MAMA.** Tekhne e Logos, v. 8, n. 4, p. 137-152, 2019.
7. KERAMIDA G, Peters AM. **FDG PET/CT of the non-malignant liver in an increasingly obese world population.** Clin Physiol Funct Imaging. 2020 Sep;40(5):304-319. doi: 10.1111/cpf.12651. Epub 2020 Jul 15. PMID: 32529712.
8. KILICOGLU, Ozge et al. **Avaliação de radiofármacos F-18 FDG através de Molecular Docking e efeitos de radiação.** Radiação Aplicada e Isótopos , v. 191, p. 110553, 2023.
9. LAMARCA, Ângela et al. **Tomografia por emissão de pósitrons com 18F-fluorodesoxiglicose (18FDG-PET) para pacientes com câncer do trato biliar: revisão sistemática e meta-análise.** Revista de Hepatologia , v. 71, n. 1, pág. 115-129, 2019.
10. LILBURN DML, Groves AM. **The role of PET in imaging of the tumour microenvironment and response to immunotherapy.** Clin Radiol. 2021 Oct;76(10):784.e1-784.e15. doi: 10.1016/j.crad.2021.08.004. PMID: 34503671.
11. MACHABANSKY, Nina Mellão et al. **Diretriz brasileira para detecção precoce do câncer de mama: desafios para implantação.** Femina, p. 762-768, 2022.

12. MING, Yue et al. **Progresso e tendências futuras nas abordagens de imagem molecular PET/CT e PET/MRI para câncer de mama.** *Fronteiras em oncologia*, v. 10, p. 1301, 2020.
13. MORARIU DS, Vlad C, Puscas ME, Gata V, Piciu D. Is there a place for F18-FDG PET/CT in the diagnosis of primary breast cancer?. *JBUON*. 2020;25(2):605–611. - Onal C, Findikcioglu A, Guler OC, Reyhan M. **The use of 18F-FDG positron emission tomography to detect mediastinal lymph nodes in metastatic breast cancer.** *Breast* 2020;54:197–202. [Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.breast.2020.10.011>].
14. MOURÃO, Arnaldo Prata. **Tomografia computadorizada: tecnologias e aplicações.** Difusão Editora, 2018.
15. NICOLAU, Pau et al. **P53 y otros factores predictores de la carga axilar en los distintos inmunofenotipos del cáncer de mama.** *Revista de Senología y Patología Mamaria*, v. 34, n. 2, p. 70-76, 2021.
16. PALMERO PICAZO, Joaquín et al. **Cáncer de mama: una visión general.** *Acta médica Grupo Ángeles*, v. 19, n. 3, p. 354-360, 2021.
17. PÉREZ-GARCIA JM, Cortés J, Ruiz-Borrego M, Colleoni M, Stradella A, Bermejo B, Dalenc F, Escrivá-de-Romaní S, Calvo Martínez L, Ribelles N, Marmé F, Cortés A, Albacar C, Gebhart G, Prat A, Kerrou K, Schmid P, Braga S, Di Cosimo S, Gion M, Antonarelli G, Popa C, Szostak E, Alcalá-López D, Gener P, Rodríguez-Morató J, Mina L, Sampayo-Cordero M, Llombart-Cussac A; **IPHERGain Trial Investigators. 3-year invasive disease-free survival with chemotherapy de-escalation using an 18F-FDG-PET-based, pathological complete response-adapted strategy in HER2-positive early breast cancer (IPHERGain): a randomised, open-label, phase 2 trial.** *Lancet*. 2024 Apr 27;403(10437):1649-1659. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00054-0. Epub 2024 Apr 3. PMID: 38582092.
18. RIEZU ARANA, Ainoa. **Uso de positrones para el diagnóstico del cáncer.** 2022.
19. SALVATIERRA, Elfa Haro et al. **Parámetros de la 18F-FDG PET/CT asociado con los factores pronósticos en la estadificación inicial del Cáncer de Mama.** *Oncología (Ecuador)*, v. 29, n. 2, p. 97-109, 2019.
20. SANTANA, Rafaela Pereira. **A IMPORTÂNCIA DA MEDICINA NUCLEAR NA AVALIAÇÃO E TRATAMENTO DE PATOLOGIAS PEDIÁTRICAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA.** *Repositório de Trabalhos de Conclusão de Curso*, 2023.
21. SANTOS, Joana Cristo dos. **The role of 18F-FDG PET/CT in staging breast cancer: comparative analysis with breast MRI.** 2019. Dissertação de Mestrado.
22. SARTORI, Ana Clara N.; BASSO, Caroline S. **Câncer de mama: uma breve revisão de literatura<sup>1</sup>.** *Perspectiva*, Erechim, v. 43, p. 161, 2019.
23. SENGOZ T, Karakaya YA, Gultekin A, Yaylali O, Senol H, Yuksel D. **Relationships of 18F-FDG uptake by primary tumors with prognostic factors and molecular subtype in ductal breast cancer.** *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol (Engl Ed)*. 2022 Jan-Feb;41(1):32-38. doi: 10.1016/j.remnie.2021.01.004. Epub 2021 Feb 13. PMID: 34991834.

24. SILVA, Ágatha Cristine Lazarini Barreto da. **A importância da combinação das técnicas de PET e CT para o diagnóstico e tratamento de câncer de mama.** 2023.
25. STEFANINI FS, Gois FWC, de Arruda TCSB, Bitencourt AGV, Cerqueira WS. **Primary bone lymphoma: pictorial essay.** *Radiol Bras.* 2020 Nov-Dec;53(6):419-423. doi: 10.1590/0100-3984.2019.0137. PMID: 33304011; PMCID: PMC7720670.
26. TAJIMA, Carla Chizuru. **Avaliação do carcinoma mamário invasivo pelo PET-CT com 18F-FDG em decúbito ventral: correlação com achados radiológicos e histológicos.** 2020.
27. TIBANA, Tiago Kojun et al. **Deteção de malignidades primárias adicionais: papel da TC e PET/TC associadas a biópsias percutâneas múltiplas.** *Radiologia Brasileira*, v. 52, p. 166-171, 2019.
28. VIEIRA, Laila de Menezes Cardoso. GOMES, Alexandre Freire Rocha. DIEGO, Regina Paula Soares. **Relevância do PET-CT 18F-Fluordesoxiglicose Para Diagnóstico Precoce De Câncer De Pulmão.** *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento.* Ano 06, Ed. 03, Vol. 05, pp. 14-26. Março de 2021. ISSN: 2448-0959.
29. ZHANG HJ, Mitchell S, Fang YH, Tsai HM, Piao L, Ousta A, Leoni L, Chen CT, Sharp WW. **Assessment of Brain Glucose Metabolism Following Cardiac Arrest by [18F]FDG Positron Emission Tomography.** *Neurocrit Care.* 2021 Feb;34(1):64-72. doi: 10.1007/s12028-020-00984-6. PMID: 32358767; PMCID: PMC7606281
30. JUNIOR, Romel Jefferson Hilgemberg et al. **CONTRIBUIÇÕES DO PET/CT FDG-18F NA DETECÇÃO DE DOENÇA AVANÇADA NO CÂNCER DE MAMA.** *Hematology, Transfusion and Cell Therapy*, v. 46, p. S14-S15, 2024.
31. BITENCOURT, Almir Galvão Vieira et al. **Deteção de metástases à distância em pacientes com câncer de mama localmente avançado: papel da tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada com <sup>18</sup>F-fluordesoxiglicose e exames de imagem convencional com tomografia computadorizada.** *Radiologia Brasileira*, v. 4, pág. 211-215, 2017.
32. Hadebe B, Harry L, Ebrahim T, Pillay V, Vorster M. **The Role of PET/CT in Breast Cancer.** *Diagnostics (Basel).* 2023 Feb 6;13(4):597. doi: 10.3390/diagnostics13040597. PMID: 36832085; PMCID: PMC9955497.
33. BITENCOURT, Almir Galvão Vieira et al. **Correlação entre resultado do PET/CT e achados histológicos e imuno-histoquímicos em carcinomas mamários.** *Radiologia Brasileira*, v. 47, p. 67-73, 2014.
34. AVRIL, Stefanie et al. **18F-FDG PET/CT para monitoramento da resposta ao tratamento em câncer de mama.** *Journal of Nuclear Medicine*, v. 57, n. Suplemento 1, p. 34S-39S, 2016.
35. LIM, Hyo Soon et al. **FDG PET/CT for the detection and evaluation of breast diseases: usefulness and limitations.** *Radiographics*, v. 27, n. suppl\_1, p. S197-S213, 2007.

36. ROSEN, Eric L.; EUBANK, William B.; MANKOFF, David A. **FDG PET, PET/CT, and breast cancer imaging**. Radiographics, v. 27, n. suppl\_1, p. S215-S229, 2007.
37. PARK, Hye Lim et al. **Prognostic impact of 18F-FDG PET/CT in pathologic stage II invasive ductal carcinoma of the breast: re-illuminating the value of PET/CT in intermediate-risk breast cancer**. Cancer Imaging, v. 23, n. 1, p. 2, 2023.