

UniAmérica
Centro Universitário

+ **descomplica**

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIÃO DAS AMÉRICAS - DESCOMPLICA

CAMPUS NUTRIMENTAL

KARINE CAMARGO DA SILVA FERREIRA

MAIARA SUELEN NOGUEIRA DOS SANTOS

NUTRIGENÉTICA E NUTRIGENÔMICA COMO ATUANTES NA PREVENÇÃO
DE DOENÇAS CRÔNICAS

São José dos Pinhais - PR

2024

KARINE CAMARGO DA SILVA FERREIRA
MAIARA SUELEN NOGUEIRA DOS SANTOS

NUTRIGENÉTICA E NUTRIGENÔMICA COMO ATUANTES NA PREVENÇÃO
DE DOENÇAS CRÔNICAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Nutrição, do Centro Universitário União das Américas – UniAmérica Descomplica, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Nutrição.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luana Cristina Paludo.

São José dos Pinhais - PR

2024

RESUMO

A nutrigenômica estuda como os nutrientes e a alimentação podem alterar a expressão genética e influenciar a saúde, enquanto a nutrigenética analisa o impacto das variações genéticas individuais. As Doenças Crônicas (DC's), como diabetes, obesidade, doenças cardiovasculares e câncer são resultados de múltiplos fatores de risco, e é uma condição de saúde que se desenvolvem ao longo do tempo, com origem não infecciosa. Este trabalho consiste em uma revisão de literatura, com buscas realizadas nas bases de dados PubMed, *Scielo* e Google Acadêmico, utilizando palavras-chave como: nutrigenômica, nutrigenética, doenças crônicas, nutrição, nutrientes, gene, genoma, epigenética e alimentação, tanto em português quanto em inglês. Foi analisado em estudos que na perspectiva da nutrigenética e da nutrigenômica, os alimentos podem atuar de maneira específica sobre as DC's, influenciando processos genéticos e epigenéticos que impactam a saúde. Essas intervenções nutricionais são adaptadas a individualidade genética, potencializando a prevenção e o tratamento das DC's, promovendo uma nutrição personalizada, com foco na prevenção e no bem-estar, gerando melhorias significativas na qualidade de vida dos indivíduos. Isso demonstra como a utilização destas ciências podem otimizar estratégias nutricionais, tornando a prevenção das DC's mais eficazes.

Palavras chaves: Epigenética; Gene; Genoma; Nutrição de precisão.

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	4
1.1.	OBJETIVOS.....	5
1.1.1.	Objetivo geral	5
1.1.2.	Objetivos específicos	5
2.	METODOLOGIA	6
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	6
3.1.	NUTRIÇÃO E GENÉTICA.....	6
3.2.	NUTRIGENÔMICA E NUTRIGENÉTICA	8
3.2.1.	Nutrigenômica	8
3.2.2.	Nutrigenética	8
3.3.	DOENÇAS CRÔNICAS E SUA RELAÇÃO COM A NUTRIGENÉTICA E NUTRIGENÔMICA	9
3.3.1.	Nutrigenética e nutrigenômica no câncer	10
3.3.2.	Nutrigenética e nutrigenômica nas doenças cardiovasculares	13
3.3.3.	Nutrigenética e nutrigenômica no diabetes	14
3.3.4.	Nutrigenética e nutrigenômica na obesidade	16
4.	CONCLUSÃO	17
	REFERÊNCIAS	18

1. INTRODUÇÃO

As Doenças Crônicas (DC's) são patologias de saúde de origem não infecciosa, que se desenvolvem lentamente ao longo do tempo devido a vários fatores de risco e causas, podendo não apresentar sintomas no início, mas, com o tempo, podem causar limitações funcionais impactando significativamente na qualidade de vida (Figueiredo *et al.*, 2021). No Brasil, as DC's são as principais causas de doenças e mortes, e segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) são responsáveis por 71% de todas as mortes no mundo, tornando-se a principal causa de mortalidade global representando um grave problema de saúde pública (OMS, 2020; Figueiredo *et al.*, 2021).

Entre as principais DC's, estão as doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade e câncer. Essas patologias estão associadas a fatores de risco como o consumo excessivo de álcool, o tabagismo, inatividade física e a má alimentação, principalmente, considerando o aumento no consumo de alimentos ultraprocessados, que geralmente contêm altos níveis de sal, gordura e açúcar (OMS, 2019; 2020; Kowalski *et al.*, 2020). Os impulsionadores das DC's são variados e abrangem fatores sociais, ambientais, comerciais e genéticos. Esses elementos interagem e se manifestam de forma global, impactando diferentes populações em todo o mundo (WHO, 2023).

Um dos fatores das DC's são os polimorfismos genéticos. Esses polimorfismos genéticos são variantes diferentes de um gene que ocorrem em uma frequência significativa e podem influenciar características ou traço específicos dos indivíduos (Saraiva *et al.*, 2020). Em contrapartida, a genômica nutricional é considerada uma ciência inovadora e contemporânea no campo da nutrição, incluindo nutrigenética e nutrigenômica. Essas áreas estudam as diferenças individuais que ocorrem em várias etapas do metabolismo, visto que as pessoas reagem de formas diferentes aos mesmos alimentos e nutrientes consumidos (Gil, 2021).

A nutrigenética é um campo da ciência que tem como objetivo estudar como as variações genéticas individuais podem influenciar a resposta do organismo à certos alimentos ou nutrientes. Isto pois esta ciência examina como a variabilidade interindividual pode afetar a maneira como cada metabolismo age de acordo com o nutriente ingerido e como isso pode impactar a saúde e o risco

de doenças (CRN, 2015; Franzago *et al*, 2020). Por sua vez, a nutrigenômica estuda como funciona a interação entre os nutrientes e o genoma, analisando como os nutrientes e a alimentação podem alterar a expressão genética e como essas alterações podem influenciar na saúde (CRN, 2015; Meiliana, 2020).

Para pessoas que já possuem DC's, a nutrigenética pode ajudar a gerenciar melhor a condição por meio de uma dieta adaptada às suas necessidades genéticas. A nutrigenômica é uma técnica que permite a identificação de variantes genéticas que aumentam a susceptibilidade a doenças prolongadas. Os profissionais de saúde podem fazer avaliações de risco mais precisas e desenvolver planos de prevenção individualizados ao aprender sobre esses fatores de risco genéticos. Portanto, isso pode resultar em intervenções dietéticas mais personalizadas, melhorando a qualidade de vida (Saraiva, 2020).

Diante do exposto, este trabalho visa apontar conceitos e estudos relevantes no campo da nutrigenética e nutrigenômica e investigar nas evidências científicas a eficácia dessas áreas na prevenção das doenças crônicas, assim como o impacto da nutrição na modulação da expressão genética.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Investigar nas evidências científicas a eficácia da nutrigenética e nutrigenômica na prevenção e tratamento das doenças crônicas.

1.1.2. Objetivos específicos

- Identificar e descrever as abordagens teóricas mais influentes no campo da nutrigenética e nutrigenômica;
- Sintetizar os principais resultados encontrados na literatura destacando as descobertas mais significativas;
- Analisar as áreas que necessitam de mais investigação a partir de deficiências ou limitações observados na literatura;
- Discutir como os conceitos e teorias analisados podem ser aplicados em contextos práticos.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho de conclusão de curso foi realizado por meio de revisão de literatura utilizando as bases de dados *Scielo*, PubMed e Google Acadêmico. Os trabalhos sem relevância acadêmica com temas não pertinentes foram excluídos.

A coleta de dados foi realizada por meio de buscas nas bases de dados selecionadas, utilizando palavras-chave e descritores associados ao tema. Os critérios de inclusão abrangeram artigos e materiais que tratassem diretamente do tema, disponíveis integralmente, seja de forma gratuita ou por bases acadêmicas licenciadas, publicados em português, inglês ou espanhol. Foram considerados estudos originais, revisões sistemáticas e meta-análises. As fontes selecionadas foram descritas detalhadamente, destacando suas principais contribuições. Para análise dos dados foi implementada uma comparação e interpretação identificando padrões e lacunas nas literaturas.

Com o objetivo de criar uma visão geral e responder ao problema da pesquisa foi executada uma integração das informações. As palavras chaves utilizadas foram: nutrigenômica, nutrigenética, doenças crônicas, nutrição, nutrientes, gene, genoma, epigenética e alimentação, tanto em português quanto em inglês.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. NUTRIÇÃO E GENÉTICA

Um ser vivo é formado por milhares de genes. Presume-se que o genoma humano seja composto por mais de 30.000 genes codificadores, que resultam na produção de aproximadamente 100.000 proteínas úteis. As características dos fenótipos desses genes resultam em interações complexas desses genes, que constituem o genoma humano, e fatores ambientais. A nutrição é um dos fatores ambientais cruciais, já que todos precisam se alimentar, o que pode influenciar no genoma humano (Mierziak *et al.*, 2021).

No genoma humano, existem dois tipos de variações genéticas: as variações de um único nucleotídeo, conhecidas como polimorfismos de nucleótido único (SNPs), e aquelas que afetam genes inteiros ou segmentos extensos do DNA, chamadas de variantes estruturais (VSs). Um tipo de variante

estrutural é a variante no número de cópias de genes, que se refere a multiplicações de segmentos de DNA com mais de 1000 pares de bases. As doenças podem surgir de variações em um único gene (doenças monogênicas) ou da combinação de pequenas variações em vários genes (doenças poligênicas). Com o tempo, a nutrição pode influenciar o genoma, enquanto certos genes também afetam a resposta à dieta e a predisposição a doenças metabólicas, dependendo dos nutrientes consumidos e da reação do organismo a eles (Mierziak *et al.*, 2021).

Nas últimas décadas, as variações resultantes da nutrição começaram a ser estudadas mais profundamente pela nutrigenética e pela nutrigenômica que estudam a interação entre a composição genética, a dieta e os resultados de saúde de um indivíduo, com o objetivo de criar dietas personalizadas com base no perfil metabólico e na composição genética de um indivíduo (Dhuli *et al.*, 2023).

Uma questão relevante na nutrigenética e nutrigenômica é como os componentes da dieta afetam as alterações epigenéticas do genoma. Essas alterações são modificações hereditárias na expressão gênica e na organização da cromatina, que não envolvem mudanças na sequência do DNA. As principais modificações epigenéticas incluem a metilação do DNA e a modificação de histonas. Os componentes alimentares podem provocar essas alterações, e padrões epigenéticos anormais podem estar associados a doenças. Diferentemente das alterações genéticas, que são permanentes, as epigenéticas são reversíveis, sugerindo que o estilo de vida e a dieta podem ser usados para modulá-las, ajudando a prevenir doenças nas gerações futuras (Mota, 2021).

Compreender as interações entre produtos genéticos e o consumo de componentes bioativos da dieta é crucial para identificar quais compostos oferecem os maiores benefícios à saúde e como se relacionam ao risco de desenvolvimento de doenças. O uso de tecnologias inovadoras, como *microarrays*, interferência de RNA e nanotecnologias, fornece *insights* sobre os mecanismos moleculares de ação dos componentes bioativos. Esse conhecimento possibilita a personalização da dieta conforme os fenótipos individuais. Recomendações dietéticas gerais adaptadas a doenças específicas ou voltadas para a prevenção podem não produzir os resultados esperados devido à diversidade genética e epigenética de cada pessoa. A análise da

relação entre alimentos e expressão gênica permite a formulação de dietas adequadas que podem prevenir doenças ou restaurar a homeostase do organismo (Mota, 2021).

3.2. NUTRIGENÔMICA E NUTRIGENÉTICA

3.2.1. Nutrigenômica

Segundo Duarte (2024), a nutrigenômica diz respeito à conexão entre os nutrientes e o corpo humano, elucidando como tudo o que é consumido na dieta diária impacta o corpo. Schmidt *et al.* (2019) apontam que a nutrigenômica é uma metodologia que investiga a interação entre a dieta e os genes, com o objetivo de decifrar a complexa conexão entre nutrientes, polimorfismos genéticos e o sistema biológico em geral, com o objetivo de aprimorar a saúde através da personalização da alimentação.

A variedade genética entre diversos grupos étnicos pode impactar a biodisponibilidade de nutrientes, além de influenciar o seu metabolismo. Cada indivíduo tem um plano nutricional único em seus genes. Os componentes bioativos e os nutrientes influenciam a expressão desses genes. Sendo assim, nutrigenômica é a disciplina que estuda as interações entre genes e nutrientes, possibilitando a criação de recomendações nutricionais personalizadas para preservar a saúde ideal e evitar enfermidades, isso ocorre pois os genes regulam a ingestão e o metabolismo de diferentes nutrientes, enquanto os nutrientes influenciam, de forma positiva ou negativa a expressão de diversos genes (Kiani *et al.*, 2022).

3.2.2. Nutrigenética

De acordo com Franco *et al.* (2019), a nutrigenética estuda as interações entre os hábitos alimentares e o perfil genético de cada indivíduo, buscando entender as diferentes respostas às modificações na dieta com base em marcadores biológicos, como polimorfismos genéticos. O objetivo é desenvolver dietas personalizadas de acordo com a genética do paciente.

Hinojosa *et al.* (2019), reforçam que a nutrigenética analisa como as bases genéticas explicam por que alimentos ou hábitos alimentares afetam as pessoas de maneiras diferentes. A nutrigenética investiga como mutações genéticas influenciam essas variações individuais nas respostas à dieta, como o

ganho de peso, o aumento do colesterol ou o impacto do sal na pressão arterial, que podem diferir entre as pessoas.

Enquanto Munoz (2015) descreve a nutrigenética como uma ciência que visa desenvolver recomendações personalizadas para otimizar a dieta de cada pessoa, considerando seu perfil genético. Esse campo apresenta um novo conceito em nutrição, ao permitir a personalização da alimentação com base nas características genéticas individuais.

3.3. DOENÇAS CRÔNICAS E SUA RELAÇÃO COM A NUTRIGENÉTICA E NUTRIGENÔMICA

De acordo com Salviano *et al.* (2024), a nutrigenética estuda as variações genéticas individuais e como elas influenciam na absorção e o metabolismo dos nutrientes. O autor buscou entender a interação entre fatores genéticos e ambientais no desenvolvimento das DC's, como obesidade, diabetes, câncer e doenças cardiovasculares, uma vez que essas variações podem causar desequilíbrios fisiológicos que levam ao surgimento de patologias.

Em relação aos indivíduos que já possuem DC's, a nutrigenética atua na adaptação da dieta conforme as características genéticas do indivíduo. Em contrapartida, a nutrigenômica investiga como os nutrientes afetam a expressão gênica, proteínas e metabólitos, influenciando a atividade dos genes direta ou indiretamente, avaliando as interações entre nutrientes e genes em três níveis: nutriente-nutriente, nutriente-gene e gene-gene. Por meio da análise do genoma, a nutrigenômica permite compreender as interações entre nutriente e vias metabólicas, contribuindo para o controle homeostático (Salviano, 2024).

Oliveira *et al.* (2020) afirmaram que a nutrigenômica investiga como os nutrientes e outros fatores dietéticos podem influenciar a expressão genética, buscando expandir os conceitos das diretrizes dietéticas voltadas para a prevenção e manejo de DC's. Por outro lado, nutrigenética busca compreender de que maneira as variações genéticas podem influenciar a relação entre fatores dietéticos e o risco de desenvolvimento de doenças. Devido a essas variações, o manejo dietético deve ser individualizado, promovendo uma abordagem que considera as interações entre dieta, genética e saúde, já que a genética de cada pessoa interfere na metabolização e absorção dos nutrientes, o que, por sua vez, pode impactar o surgimento de DC.

Renzo *et al.* (2019) ressalta que a nutrigenômica é uma área interdisciplinar que investiga como os nutrientes e a dieta interagem com os genes de um indivíduo, explorando de que forma essas interações influenciam a saúde e a predisposição a doenças. Por outro lado, a nutrigenética é uma área da genômica nutricional que investiga como as variações genéticas afetam a resposta de cada indivíduo a nutrientes específicos relacionando hábitos alimentares e alterações na sequência de DNA. E a partir dessas variações genéticas, podem aumentar o risco de desenvolvimento de doenças crônicas como obesidade, doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2 e câncer.

Os estudos analisados destacam o impacto da nutrigenômica e da nutrigenética nas DC's, evidenciando como essas ciências podem contribuir para a prevenção dessas condições.

Estudos de nutrição humana em grandes populações, que avaliam a contribuição genética e epigenética para doenças, são ainda raros, mas essenciais para a nutrição personalizada. Embora não haja conclusões definitivas sobre o impacto de cada fator na alteração dos genes, a nutrigenômica é um campo complexo que precisa avançar para melhorar o entendimento das doenças e a resposta individual aos nutrientes (Schmidt *et al.*, 2019). Há também uma grande quantidade de dados sobre nutrientes que ainda precisam ser analisados e incorporados à nutrição personalizada (Irimie *et al.*, 2019).

3.3.1. Nutrigenética e nutrigenômica no câncer

O câncer é um termo que engloba mais de 100 tipos distintos de doenças malignas, caracterizadas pelo crescimento descontrolado de células que podem invadir tecidos próximos ou se espalhar para outras partes do corpo. Essas células, ao se dividirem rapidamente, tornam-se altamente agressivas e incontroláveis, formando tumores que podem metastatizar. Os tipos de câncer variam conforme o tipo de célula afetada: quando originados em tecidos epiteliais, como pele ou mucosas, são chamados carcinomas; quando começam nos tecidos conjuntivos, como ossos, músculos ou cartilagens, são denominados sarcomas (INCA, 2022).

Do ponto de vista genético o câncer é uma doença genética, resultante de uma combinação de variantes genéticas herdadas, muitas vezes associadas

a SNP, e mutações somáticas adquiridas. Pesquisas de associação genômica ampla (GWAS) descobriram diversas variantes hereditárias, enquanto os estudos de sequenciamento de tumores identificaram muitos dos fatores somáticos responsáveis, que são classificados como oncogenes ou genes supressores de tumores (Bader, 2021).

O câncer é uma das principais causas de morte nas Américas, com 1,2 milhão de óbitos em 2008, sendo 45% na América Latina e Caribe. Cerca de um terço dos casos pode ser prevenido com controle de fatores de risco como alto índice de massa corporal, baixo consumo de frutas e vegetais, falta de atividade física e uso de álcool e tabaco. Em 2018, o câncer causou 9,6 milhões de mortes globalmente, sendo um terço relacionadas a comportamentos de risco. A mortalidade pode chegar a 2,1 milhões até 2030 (OPAS, 2020).

A nutrigenética identifica variações genéticas ligadas a reações distintas aos nutrientes, que podem afetar o risco e a evolução do câncer. Polimorfismos genéticos podem influenciar a maneira como as pessoas metabolizam e reagem aos elementos da alimentação, resultando em variações na propensão ao câncer. Polimorfismos genéticos em genes como TP53 (p53), MTHFR (Metilenotetrahidrofolato Redutase), VDR (Receptor da Vitamina D), GST (Glutathione S-Transferase), BRCA1/BRCA2, KRAS, APC (Adenomatous Polyposis Coli), genes CYP450 (Citocromo P450) estão relacionados a respostas distintas a intervenções alimentares e a uma alteração no risco de desenvolvimento do câncer (Irimie *et al.*, 2019).

Alterações epigenéticas, tais como a metilação do DNA e a reestruturação da cromatina, têm um papel crucial no surgimento do câncer. O estudo em nutrigenômica ressalta a capacidade dos elementos da dieta de afetar esses processos epigenéticos, auxiliando assim na prevenção do câncer. Compostos alimentares bioativos, como os polifenóis, previnem diversos tipos de câncer através de mecanismos epigenéticos (Chattopadhyay, 2020).

Pesquisas em nutrigenômica indicam que alterações na alimentação, como o consumo de polifenóis, ácidos graxos ômega-3, vitaminas e minerais, podem diminuir consideravelmente o risco de câncer ao afetar a expressão genética e as reações metabólicas. Os antioxidantes presentes em alimentos ativam ou controlam as vias de sinalização implicadas na patogênese e

tratamento do câncer, tais como MAPK, PKC e PI3K, além de inibirem vias como a NF-Kb (Nasir *et al.*, 2019).

Pesquisas epidemiológicas e clínicas demonstram a relação entre a alimentação e o desenvolvimento ou avanço de várias formas de câncer, como os de cólon, mama e próstata, classificando esses tumores como cânceres relacionados à dieta. A dieta mediterrânea está associada de maneira inversa a doenças metabólicas, problemas cardiovasculares e diversos tipos de câncer. Vários nutrientes bioativos presentes nessa dieta foram identificados como fatores protetores contra essas condições (Divella *et al.*, 2020).

Um estudo realizado por Wu *et al.* (2016), em um hospital da China, investigou a relação entre a vitamina B6 e o câncer de mama. O estudo envolveu 42 pacientes com câncer de mama e 42 controles. O objetivo foi entender como a vitamina B6, combinada com variações genéticas, pode afetar a saúde das células e a estabilidade do DNA. Para isso, os pesquisadores usaram técnicas como o teste de micronúcleo com bloqueio da citocinese, Polimorfismo no Comprimento de Fragmento de Restrição e Reação em Cadeia da Polimerase (RCP) para medir o dano ao DNA e a morte celular. Os resultados mostraram que baixos níveis de vitamina B6 estavam relacionados a mais danos no DNA e maior morte celular, sugerindo que a falta dessa vitamina pode prejudicar o funcionamento das células. A deficiência de vitamina B6 foi associada à instabilidade do DNA.

Um estudo de caso desenvolvido por Brinkman *et al.* (2024) foi analisado um caso de um homem de 57 anos com câncer de próstata avançado que recebeu manejo dietético personalizado, baseado em testes sanguíneos e nutrigenômicos, antes e após radiação e prostatectomia. Dezoito meses depois, seu PSA estava normal e não houve recorrência da doença em dois anos, sem necessidade de terapia de privação de andrógeno. Isto demonstra, que a dieta personalizada foi benéfica no tratamento.

Em um estudo conduzido por Soares *et al.* (2020), foram analisados artigos de revisões de literatura e relatos de casos de pacientes oncológicos. O autor afirma que os alimentos, tanto de forma direta quanto indireta, influenciam diversas expressões gênicas. Dessa maneira, a composição dos nutrientes na dieta pode afetar as estruturas do DNA, levando a alterações genéticas significativas que impactam no desenvolvimento do câncer.

A incorporação da nutrigenômica e da nutrigenética na nutrição personalizada tem o potencial de ajustar as intervenções dietéticas aos perfis genéticos individuais, o que pode aprimorar a prevenção do câncer e os resultados do tratamento (Braicu *et al.*, 2017).

3.3.2. Nutrigenética e nutrigenômica nas doenças cardiovasculares

As doenças cardiovasculares (DCV) constituem um conjunto de condições que afetam o coração e os vasos sanguíneos e incluem condições como doença coronariana, doença cerebrovascular, doença arterial periférica, doença cardíaca reumática, cardiopatia congênita, trombose venosa profunda e embolia pulmonar, são responsáveis por uma alta taxa de mortalidade global. A maioria dessas doenças pode ser prevenida ao se controlar fatores comportamentais de risco, como o tabagismo, dietas inadequadas, obesidade, falta de atividade física e consumo excessivo de álcool, por meio de estratégias de saúde pública voltadas para a população em geral. Mais de 75% das mortes por doenças cardiovasculares ocorrem em países de baixa e média renda, e, das 17 milhões de mortes prematuras por doenças crônicas, 82% acontecem nesses países, com 37% das mortes sendo causadas por doenças cardiovasculares (OPAS, 2023).

O Ensaio PREDIMED, intitulado "Prevenção primária de doenças cardiovasculares com dietas mediterrâneas", demonstrou que a dieta mediterrânea pode ser eficaz na redução da incidência de várias doenças crônicas importantes em indivíduos com alto risco cardiovascular, especialmente quando complementada com o consumo de azeite de oliva extravirgem. No entanto, foi destacado que essas recomendações não devem ser aplicadas de forma generalizada, pois cada pessoa pode reagir de maneira diferente à dieta, com a interação entre genes e nutrientes desempenhando um papel importante nesse processo (Estruch *et al.*, 2013; Peña-Romero *et al.*, 2017).

Os aspectos alimentares podem afetar alterações epigenéticas, como a metilação do DNA e a acetilação das histonas, que, por sua vez, impactam a expressão genética associada a fatores de risco para doenças cardiovasculares, como inflamação e estresse oxidativo. Compostos bioativos, como os polifenóis, também têm a capacidade de alterar marcadores epigenéticos, o que pode trazer vantagens terapêuticas para a prevenção de doenças cardiovasculares.

Recomendações dietéticas personalizadas com base em variantes genéticas relacionadas aos lipídios podem ajudar a controlar a obesidade e as dislipidemias, que são fatores de risco para DCV (Kalea *et al.*, 2018).

A presença de polimorfismos genéticos em genes como a apolipoproteína E (APOE), dessaturase de ácidos graxos (FADS), lipoxigenase-5 (5-LO), receptores ativados por proliferadores de peroxissomos (PPARs) e metilenotetra-hidrofolato redutase (MTHFR) está ligada a respostas diversas a intervenções alimentares e ao risco de DCV (Nuno *et al.*, 2014).

Estudos de nutrigenômica mostram que componentes da dieta, como ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (AGPIs), interagem com a composição genética para modular o metabolismo lipídico e a inflamação, influenciando os resultados das DCV (Ferguson *et al.*, 2016).

É fundamental a combinação de tecnologias ômicas (genômica, proteômica, metabolômica, transcriptômica) com estudos de nutrigenômica e nutrigenética para o progresso da medicina personalizada e a melhoria dos resultados de saúde em doenças cardiovasculares (Mazilov *et al.*, 2021). A genômica nutricional pode ajudar a identificar indivíduos que podem beneficiar de recomendações alimentares específicas, melhorando assim a gestão da saúde e reduzindo o risco de doenças relacionadas com a obesidade, incluindo as DCV (Beltrán *et al.*, 2022).

3.3.3. Nutrigenética e nutrigenômica no diabetes

O diabetes melitos (DM) é uma doença metabólica caracterizada pela hiperglicemia, que surge devido a falhas na secreção de insulina, na ação da insulina, ou em ambos os processos. É uma condição de grande impacto mundial, e sua incidência continua a aumentar. Segundo o Atlas da Federação Internacional de Diabetes (IDF) de 2023, estima-se que cerca de 540 milhões de pessoas no mundo vivam com diabetes. A previsão é de que esse número continue a crescer. No Brasil, a prevalência da doença é de aproximadamente 10,5% da população adulta, o que equivale a cerca de 15,7 milhões de pessoas diagnosticadas (IDF, 2021, 2023; SBD, 2024).

A superexpressão do gene TCF7L2 está diretamente associada ao diabetes tipo 2 (DM2), e essa superexpressão reduz a secreção de insulina induzida por nutrientes, o que predispõe o indivíduo ao diabetes por duas vias

principais: diretamente, pela diminuição da produção de insulina, e indiretamente, por aumentar a produção hepática de glicose. Assim, a nutrigenômica com a nutrigenética oferecem novas estratégias para o manejo do diabetes, com intervenções nutricionais ajustadas sejam adaptadas ao perfil genético de cada indivíduo (Berná *et al.*, 2014; Udogadi *et al.*, 2020).

O estudo de Goni *et al.* (2017) realizado com 767 indivíduos, investigou os efeitos de uma intervenção dietética com restrição calórica, observando perdas de peso médias de 6,7 kg no grupo com dieta hiperlipídica e 6,9 kg no grupo com dieta de baixo teor de gordura, sem diferenças significativas entre eles. O polimorfismo rs1440581 do gene PPM1K foi associado a mudanças nas concentrações de glicose durante a perda de peso, com esses efeitos modulados pela proporção de gordura e carboidrato na dieta. Indivíduos com o genótipo CC apresentaram melhor resposta a dietas com baixo teor de gordura e alto teor de carboidratos, enquanto portadores do alelo T se beneficiaram de dietas ricas em gordura e pobres em carboidratos, melhorando marcadores como insulina, HOMA-IR e HOMA-B. Esses resultados reforçam o potencial para estratégias dietéticas personalizadas baseadas no genótipo.

No contexto da nutrigenética e nutrigenômica a dieta mediterrânea tem se mostrado eficaz na prevenção e tratamento do DM1 e DM2. Composta por alta ingestão de frutas, vegetais, legumes, cereais, peixes e azeite de oliva e laticínios, esse padrão alimentar limita o consumo de carne vermelha e permite uma ingestão moderada de álcool (Perrine *et al.*, 2020; Felisbino *et al.*, 2021). Uma dieta caracterizada por baixo índice glicêmico (IG), consumo reduzido de carboidratos e rica em fibras solúveis é eficaz para o controle glicêmico em indivíduos com DM. Esse tipo de alimentação ajuda a reduzir as flutuações nos níveis de glicose, prevenindo picos de açúcar no sangue e promovendo uma utilização mais eficiente da insulina, essencial para o controle da doença e a prevenção de complicações (Vlachos *et al.*, 2020).

Liu *et al.* (2022), realizaram um estudo sobre os efeitos de ômega-3 (w-3) em 52 pacientes com DM2 durante 24 semanas. Os resultados mostraram redução da glicemia e de triglicerídeos (TG), insulina, HOMA-IR (indicador de resistência à insulina), colesterol total, colesterol não-HDL, Apo A1 e IL-6.

Neste contexto, a nutrigenômica e a nutrigenética podem permitir a compreensão de como dietas personalizadas podem ajudar a prevenir ou atrasar a progressão do diabetes (Berná et al., 2014).

3.3.4. Nutrigenética e nutrigenômica na obesidade

A obesidade é uma condição multifatorial, consequência de um desequilíbrio entre o consumo energético e o gasto energético total, envolvendo alterações em vias metabólicas. Esse desequilíbrio provoca o acúmulo de gordura corporal excessiva e caracteriza-se como uma disfunção no sistema de controle do peso. A obesidade é influenciada por fatores como alimentação, ambiente e comportamento, que respondem por cerca de 60% dos casos, e por fatores genéticos fixos, que representam cerca de 40% obesidades (WOA, 2023).

De acordo com a quinta edição do Atlas Mundial da Obesidade (WOA) de 2023, um estudo global foi realizado para estimar os impactos futuros da obesidade caso não haja prevenção e tratamento eficazes. As estimativas indicam que, até 2035, mais de 4 bilhões de pessoas poderão ser afetadas pelo sobrepeso e obesidade (WOA, 2023). Em 2022, 1 em cada 8 pessoas no mundo vivia com obesidade, totalizando cerca de 2,5 bilhões de adultos com excesso de peso, dos quais 890 milhões eram obesos. Além disso, cerca de 37 milhões de crianças com menos de 5 anos estavam acima do peso, e entre as crianças e adolescentes de 5 a 19 anos, aproximadamente 390 milhões tinham sobrepeso, incluindo 160 milhões com obesidade (WHO, 2024).

A variação na massa corporal gorda pode estar associada a mutações em genes como IRX3 e FTO, entre outros 70 genes ligados à obesidade, que tendem a se expressar mais no cérebro de pessoas obesas. A obesidade é um dos principais fatores de risco para o desenvolvimento de outras condições crônicas, como diabetes e doenças cardiovasculares (Lehnert *et al.*, 2015; Goni *et al.*, 2017; Faintuch, 2020).

O desenvolvimento da obesidade está relacionado a dietas ricas em gordura e açúcar, que promovem mudanças na metilação dos genes responsáveis pelo controle da ingestão alimentar (Lopez *et al.*, 2017).

A dieta mediterrânea é amplamente reconhecida como um dos padrões alimentares mais saudáveis do mundo, desempenhando um papel importante na

prevenção e no tratamento da obesidade. Um estudo conduzido por Renzo *et al.* (2018) com 188 indivíduos, analisou a influência do FTO rs9939609 e da dieta mediterrânea na composição corporal e na perda de peso. Os resultados confirmaram a eficácia desse padrão alimentar, evidenciando sua capacidade de reduzir a massa de gordura corporal na amostra analisada. Os dados sobre o gene FTO ainda apresentam incertezas, o que reforça a necessidade de estudos mais aprofundados.

A Nutrigenômica busca a dieta ideal para prevenir ou tratar a obesidade, com base em alternativas nutricionais, enquanto a nutrigenética procura identificar uma dieta personalizada que atenda às necessidades individuais, ajudando a controlar e prevenir a obesidade de forma eficaz. O tratamento eficaz não deve focar apenas nas variações genéticas, mas também considerar o ambiente, a disbiose intestinal, a inflamação, o estilo de vida, a alimentação, medicamentos e possíveis intervenções cirúrgicas. A combinação desses fatores, analisados individualmente, é essencial para o sucesso da terapia de perda de peso (Peña-Romero *et. al.*, 2017; Nunes, 2021).

4. CONCLUSÃO

Ao considerar os fatores genéticos e epigenéticos, por meio da nutrigenética e nutrigenômica, o nutricionista pode desenvolver estratégias alimentares mais eficazes e personalizadas. Na perspectiva da nutrigenética e da nutrigenômica, nutrientes podem atuar de maneira específica sobre as DC's, influenciando processos genéticos e epigenéticos que impactam a saúde. Essas intervenções nutricionais são adaptadas a individualidade genética, potencializando a prevenção e o tratamento das DC's, promovendo uma nutrição personalizada, com foco na prevenção e no bem-estar, gerando melhorias significativas na qualidade de vida dos indivíduos.

Apesar dos desafios na aplicação dessas abordagens, assim como a necessidade de estudos mais aprofundados e a acessibilidade limitada aos testes genéticos, os avanços na nutrigenética e nutrigenômica prometem oferecer uma abordagem de saúde mais personalizada e eficaz. O futuro dessas ciências aponta para um modelo de atendimento nutricional preventivo, baseado nas características únicas de cada indivíduo.

5. REFERÊNCIAS

FIGUEIREDO, Ana Elisa Bastos; CECCON, Roger Flores; FIGUEIREDO, José Henrique Cunha. Doenças crônicas não transmissíveis e suas implicações na vida de idosos dependentes. **Ciencia & saude coletiva**, v. 26, p. 77-88, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/n4nH53DFx39SRCC3FkHDyzy/#>. Acesso em: 08, ago. 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Marco de Referência sobre a Dimensão Comercial dos Determinantes Sociais da Saúde na Agenda de Enfrentamento das Doenças Crônicas não Transmissíveis, 2020. Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/52975>. Acesso em: 08, ago. 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Alimentação saudável, 2019. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/alimentacao-saudavel>. Acesso em: 08, ago. 2024.

KOWALSKI, Ivonete Sanches Giacometti et al. Fatores de risco para doenças crônicas não transmissíveis em usuários de duas Unidades Básicas de Saúde no município de São Paulo, Brasil, 2020. Disponível em: https://bvsm.sau.de.gov.br/bvs/periodicos/mundo_sau.de_artigos/fatores_cronicas_municipo.pdf. Acesso em: 08, ago. 2024.

World Health Organization (WHO). Reducing risks and detecting early to prevent and manage noncommunicable diseases, 2023. Disponível em: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/universal-health-coverage/who-uhl-technical-brief-ncds.pdf?sfvrsn=af5127e4_3&download=true. Acesso em: 08, ago. 2024.

SARAIVA, Ana Vitória Chequer et al. Nutrigenética e nutrigenômica: conceitos e abordagens esquemáticas para o processo ensino-aprendizagem deste saber. **Brazilian Journal of Development**, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/16847/13744>. Acesso em: 09, ago. 2024.

GIL, Marta Margato Pereira Loureiro. Nutrigenética e Nutrigenômica: Uma nova abordagem nas estratégias nutricionais em atletas? 2021. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/136389/2/498361.pdf>. Acesso em: 09, ago. 2024.

Conselho Regional de Nutricionistas (CRN). genômica nutricional: testes de nutrigenética. **Parecer Técnico CRN-3 Nº 09/2015**. Disponível em: https://nutritotal.com.br/pro/wp-content/uploads/sites/3/2015/10/442-CRN3_NUTRIGENETICA.pdf. Acesso em: 12, ago. 2024.

FRANZAGO, Marica et al. Genes and Diet in the Prevention of Chronic Diseases in Future Generations. **International Journal of Molecular Sciences**, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/21/7/2633>. Acesso em: 12, ago. 2024.

MEILIANA, Anna; WIJAYA, Andi. Nutrigenetics, Nutrigenomics and Precision Nutrition. **The Indonesian Biomedical Journal**, 2020. Disponível em: <https://inabj.org/index.php/ibj/article/view/1158>. Acesso em: 13, ago. 2024.

- MIERZIAK, Justyna. et al. Influence of the Bioactive Diet Components on the Gene Expression Regulation. **Nutrientes**, 13, 3673, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu13113673>. Acesso em: 07, set. 2024.
- DHULI, K. et al. Nutrigenômica: SNPs correlacionados com deficiências de minerais. **Clínica terapêutica**, v. 174 Suppl 2(6), 2023. Disponível em: <https://clinicaterapeutica.it/ojs/index.php/1/article/view/829/576>. Acesso em: 07, set. 2024.
- MOTA, Francisco Borges. Relatórios de Estágio e Monografia intitulada “Nutrigenética e Nutrigenômica: Será Este o Futuro da Nutrição?”. **Dissertação de Mestrado**, 2021 Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/99134>. Acesso em: 24, set. 2024.
- DUARTE, Mychelle Kytchia Rodrigues Nunes. Testes de nutrigenética: aplicações na prevenção e tratamento da obesidade. **Repositório institucional UFRN**, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/60661>. Acesso em: 24, set. 2024.
- SCHMIDT, Leucinéia; SODER, Taís Fátima; BENETTI, Fábila. Nutrigenômica como ferramenta preventiva de doenças crônicas não transmissíveis. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 23, n. 2, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.unipar.br/index.php/saude/article/view/6386/3777>. Acesso em: 2, out. 2024.
- KIANI, Aysha Karim et al. Polymorphisms, diet and nutrigenomics. **Journal of preventive medicine and hygiene**, v. 63, n. 2 Suppl 3, p. E125, 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9710387/>. Acesso em: 2, out. 2024.
- FRANCO, José Mario Angler et al. Estudos de nutrigenética e nutrigenômica e as relações com frutas e hortaliças. **Boletim Técnico-Científico**, v. 5, n. 2, 2019. Disponível em: <https://periodicos.iffarroupilha.edu.br/index.php/boletim-tecnico-cientifico/article/view/230>. Acesso em: 2, out. 2024.
- HINOJOSA, Luis Antonio Caicedo; PACCHA, Karla Gisella Velásquez; FLORES, Angie Katherine Franco. La nutrigenética y su importancia en la nutrición personal. **RECIAMUC**, v. 3, n. 4, p. 93-114, 2019. Disponível em: <https://www.reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/391>. Acesso em: 2, out. 2024.
- MUNOZ, José María Ordovás. Genética y nutrigenética. *Mediterráneo económico*, n. 27, p. 333-344, 2015. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5207083>. Acesso em: 2, out. 2024.
- SALVIANO, Ana Luísa Gama; BEZERRA, Matheus Peixoto; DA COSTA MAYNARD, Dayanne. The importance of nutrigenomics and nutrigenetics in chronic non-communicable diseases. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 6, p. e10013646106-e10013646106, 2024. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/46106>. Acesso em: 10, out. 2024.

- OLIVEIRA, Elizangela Lacerda et al. doenças crônicas não transmissíveis e sua relação com a nutrigenética e nutrigenômica. avaliadores de trabalhos, p. 46, 2020. Disponível em: <https://integracao.unifip.edu.br/index.php/integracao/article/download/13/12#page=46>. Acesso em: 20, out. 2024.
- RENZO Laura Di et al. Role of Personalized Nutrition in Chronic-Degenerative Diseases. **Nutrients**. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/8/1707>. Acesso em: 20, out. 2024.
- IRIMIE, Alexandra Iulia et al. Role of Key Micronutrients from Nutrigenetic and Nutrigenomic Perspectives in Cancer Prevention. **Medicina** **55**, no. 6: 283, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1648-9144/55/6/283>. Acesso em: 20, out. 2024.
- BRASIL. Instituto Nacional de Câncer (INCA). Como surge o câncer? 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/como-surge-o-cancer>. Acesso em: 20, out. 2024.
- BADER Joel S. The Panorama of Cancer Genetics. **Cancer Research**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-21-0885>. Acesso em: 21, out. 2024.
- Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). Câncer, 2020. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/cancer>. Acesso em: 21, out. 2024.
- CHATTOPADHYAY, Indranil. Role of Nutrigenetics and Nutrigenomics in Cancer Chemoprevention, 2020. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-5999-0_7#citeas. Acesso em: 23, out. 2024.
- NASIR, Ayesha et al. Nutrigenomics: Epigenetics and cancer prevention: A comprehensive review, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/10408398.2019.1571480?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 25, out. 2024.
- DIVELLA, Rosa et al. Anticancer Effects of Nutraceuticals in the Mediterranean Diet: An Epigenetic Diet Model. **Cancer genomics e proteomics**, 2020. Disponível em: <https://cgp.iarjournals.org/content/17/4/335>. Acesso em: 25, out. 2024.
- WU, Xiayu et al. The Role of Genetic Polymorphisms as Related to One-Carbon Metabolism, Vitamin B6, and Gene–Nutrient Interactions in Maintaining Genomic Stability and Cell Viability in Chinese Breast Cancer Patients. **International Journal of Molecular Sciences**, 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/17/7/1003>. Acesso em: 30, out. 2024.
- BRINKMAN, Maree et al. Personalized dietary management of advanced prostate cancer using nutrigenomics: a case report. **European Journal of Clinical Nutrition**, 2024. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41430-023-01377-6>. Acesso em: 30, out. 2024.
- SOARES, Tamiris de Souza; SOUZA, Gustavo José Santos de; ASSIS, Wesley Dantas de. A importância da nutrigenética e nutrigenômica em pacientes

oncológicos. In: **I Congresso Acadêmico Beneficente de Oncologia e Hematologia (CABOH) - Goiânia**, 2020. Disponível em: <https://doity.com.br/anais/icaboh/trabalho/160258>. Acesso em: 02, nov. 2024.

BRAICU, Cornelia et al. Nutrigenomics in cancer: Revisiting the effects of natural compounds. **Seminars in Cancer Biology**, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1044579X17301712?via%3Dihub>. Acesso em: 02, nov. 2024.

Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). Doenças cardiovasculares, 2023. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/doencas-cardiovasculares#:~:text=Mais%20de%20tr%C3%AAs%20quartos%20das,s%C3%A3o%20causadas%20por%20doen%C3%A7as%20cardiovasculares>. Acesso em: 02, nov. 2024.

ESTRUCH, Ramón et al. Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet. **New England journal of medicine**, v. 368, n. 14, p. 1279-1290, 2013. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1200303>. Acesso em: 09, nov. 2024.

PEÑA-ROMERO, Alicia Cristina et al. The future of nutrition: Nutrigenomics and nutrigenetics in obesity and cardiovascular diseases. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 58(17), 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2017.1349731>. Acesso em: 10, nov. 2024.

KALEA, Anastasia Z.; DROSATOS, Konstantinos; BUXTON, Jessica L. Nutriepigenetics and cardiovascular disease. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, 21, 252–259, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000477>. Acesso em: 10, nov. 2024.

NUNO, Natasha Bushnell; HEUBERGER, Roschelle. Nutrigenetic Associations With Cardiovascular Disease. **Reviews in Cardiovascular Medicine (RCM)**, 2014. Disponível em: <https://www.imrpress.com/journal/RCM/15/3/10.3909/ricm0658>. Acesso em: 11, nov. 2024.

FERGUSON, Jane F. et al. Nutrigenomics, the Microbiome, and Gene-Environment Interactions: New Directions in Cardiovascular Disease Research, Prevention, and Treatment: A Scientific Statement From the American Heart Association. **Circulation: Genomic and Precision Medicine logo**, 2016. Disponível em: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/HCG.0000000000000030>. Acesso em: 11, nov. 2024.

MAZILOV, Svyatoslav Igorevich *et al.* O papel da nutrigenética e da nutrigenômica na profilaxia de doenças crônicas não transmissíveis, 2021. Disponível em: https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/jarticles_diet/936.html?SSr=47013489fc17ffffff27c_07e6040c112f29-3b1. Acesso em: 11, nov. 2024.

BELTRÁN, Yolanda E. Pérez et al. Personalized Dietary Recommendations Based on Lipid-Related Genetic Variants: A Systematic Review, 2022.

Disponível

em:<https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2022.830283/full>. Acesso em: 11, nov. 2024.

International Diabetes Federation (IDF). Diabetes no Brasil, 2021. Disponível em: <https://idf.org/our-network/regions-and-members/south-and-central-america/members/brazil/>. Acesso em: 13, nov. 2024.

International Diabetes Federation (IDF). **Diabetes Atlas**, 2023. Disponível em: <https://idf.org/media/uploads/2024/06/IDF-Annual-Report-2023.pdf>. Acesso em: 13, nov. 2024.

BRASIL. Sociedade Brasileira de Diabetes (SBD). Brasil já tem cerca de 20 milhões de pessoas com diabetes, 2024. Disponível em: <https://diabetes.org.br/brasil-ja-tem-cerca-de-20-milhoes-de-pessoas-com-diabetes/>. Acesso em: 13, nov. 2024.

BERNÁ, Genoveva et al. Nutrigenetics and nutrigenomics insights into diabetes etiopathogenesis, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25421534/>. Acesso em: 13, nov. 2024.

UDOGADI, Nwawuba Stanley; ABDULLAHI, Mohammed Khadija. Interplay between nutrigenomics and diabetes: a mini review. **Journal of Diabetes, Metabolic Disorders & Control**, 2020. Disponível em: <https://medcraveonline.com/JDMDC/JDMDC-07-00194.pdf>. Acesso em: 13, nov. 2024.

GONI, Leticia et al. Effect of the interaction between diet composition and the PPM1K genetic variant on insulin resistance and β cell function markers during weight loss: results from the Nutrient Gene Interactions in Human Obesity: implications for dietary guidelines (NUGENOB) randomized trial. **The American Journal of Clinical Nutrition**, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002916522026041?via%3Dihub>. Acesso em: 14, nov. 2024.

PERRINE, André et al. The role of overweight in the association between the Mediterranean diet and the risk of type 2 diabetes mellitus: a mediation analysis among 21 585 UK biobank participants. **International Journal of Epidemiology**, Volume 49, Issue 5, October 2020, Pages 1582–1590. Disponível em: <https://academic.oup.com/ije/article/49/5/1582/5880751>. Acesso em: 15, nov. 2024.

FELISBINO, Karoline et al. Nutrigenomics in Regulating the Expression of Genes Related to Type 2 Diabetes Mellitus, 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2021.699220/full>. Acesso em: 15, nov. 2024.

VLACHOS, Dionysios et al. Glycemic Index (GI) or Glycemic Load (GL) and Dietary Interventions for Optimizing Postprandial Hyperglycemia in Patients with T2 Diabetes: A Review. **Nutrients**, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/journal/nutrients>. Acesso em: 15, nov. 2024.

LIU, Hechun et al. Effects of marine-derived and plant-derived omega-3 polyunsaturated fatty acids on erythrocyte fatty acid composition in type 2

diabetic patients. **Lipids Health Dis** **21**, **20**, 2022. Doi 10.1186/s12944-022-01630-0. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12944-022-01630-0>. Acesso em: 15, nov. 2024.

World Obesity Atlas (WOA). **Atlas Mundial da Obesidade**, 2023. Disponível em: <https://www.worldobesity.org/resources/resource-library/world-obesity-atlas-2023>. Acesso em: 15, nov. 2024.

World Health Organization (WHO). Obesity and overweight, 2024. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. Acesso em: 15, nov. 2024.

LEHNERT, Thomas et al. Health burden and costs of obesity and overweight in Germany: an update. **The European Journal of Health Economics**, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10198-014-0645-x>. Acesso em: 15, nov. 2024.

FAINTUCH, Joel. Obesity and Diabetes. **Scientific Advances and Best Practice**, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-53370-0>. Acesso em: 17, nov. 2024.

RAMOS-LOPEZ, Oscar et al. Guide for Current Nutrigenetic, Nutrigenomic, and Nutriepigenetic Approaches for Precision Nutrition Involving the Prevention and Management of Chronic Diseases Associated with Obesity. **Journal of Nutrigenetics and Nutrigenomics**, 2017. Disponível em: <https://karger.com/jnn/article/10/1-2/43/181355/Guide-for-Current-Nutrigenetic-Nutrigenomic-and>. Acesso em: 15, nov. 2024.

RENZO, Laura et al. Influence of FTO rs9939609 and Mediterranean diet on body composition and weight loss: a randomized clinical trial. **Journal of Translational Medicine**, 16, 308, 2018. Disponível em: <https://translational-medicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12967-018-1680-7#citeas>. Acesso em: 20, nov. 2024.

NUNES, Renato Moreira. A gênese da obesidade e a nutrição de precisão, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Renato-Moreira-Nunes/publication/354084895_A_GENESE_DA_OBESIDADE_E_A_NUTRICA_O_DE_PRECISAO/links/62a20308c660ab61f86fd8d2/A-GENESE-DA-OBESIDADE-E-A-NUTRICA-O-DE-PRECISAO.pdf. Acesso em: 20, nov. 2024.