

Utilização de Aplicações Móveis e Inteligência Artificial na Contagem de Hidratos de Carbono

Use of Mobile Applications and Artificial Intelligence in Carbohydrate Counting

Letícia Isabel Araújo Guimarães

ORIENTADO POR: Mestre Cátia Lopes

REVISÃO TEMÁTICA

I.º CICLO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO | UNIDADE CURRICULAR ESTÁGIO

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DA UNIVERSIDADE DO PORTO

TC

Porto, 2026



Resumo

A Diabetes *Mellitus* (DM) caracteriza-se por alterações no metabolismo da glicose resultantes de variações na secreção e/ou ação da insulina. Na Diabetes *Mellitus* Tipo 1 (DM1), a contagem de hidratos de carbono (HC) assume um papel fundamental no ajuste da terapêutica com insulina e na otimização do controlo glicémico. Contudo, a estimativa correta da quantidade de HC ingeridos continua a representar um desafio para muitos indivíduos com DM1, podendo comprometer o cálculo adequado do bólus de insulina.

Nos últimos anos, o desenvolvimento das tecnologias digitais em saúde levou ao surgimento de aplicações móveis direcionadas para a monitorização alimentar, contagem de HC e gestão da DM1. Paralelamente, os avanços na área da inteligência artificial (IA), visão computacional e *machine learning* permitiram o desenvolvimento de sistemas capazes de reconhecer alimentos através de imagens, estimar porções alimentares e calcular automaticamente o conteúdo nutricional das refeições.

A presente revisão temática teve como objetivo reunir a evidência científica relativa à utilização destas tecnologias na contagem de HC em indivíduos com DM1, explorando as suas vantagens e limitações. A literatura sugere que estas ferramentas poderão facilitar a contagem de HC, promover maior autonomia e melhorar a autogestão da doença. Contudo, persistem limitações relacionadas com a precisão das estimativas, variabilidade das bases de dados alimentares utilizados e reduzida validação clínica de muitas aplicações.

Palavras-Chave

“Diabetes *mellitus*”; “Contagem de hidratos de carbono”; “Aplicações móveis em saúde”; “Inteligência artificial”

Abstract

Diabetes *Mellitus* (DM) is characterized by alterations in glucose metabolism resulting from changes in insulin secretion and/or action. In Type 1 Diabetes *Mellitus* (T1DM), carbohydrate (CHO) counting plays a fundamental role in insulin dose adjustment and in optimizing glycemic control. However, accurately estimating the amount of carbohydrates consumed remains a challenge for many individuals with diabetes, potentially compromising the appropriate calculation of mealtime insulin boluses.

In recent years, the development of digital health technologies has led to the emergence of mobile applications aimed at dietary monitoring, carbohydrate counting, and T1DM management. Simultaneously, advances in artificial intelligence (AI), computer vision, and machine learning have enabled the development of systems capable of recognizing foods from images, estimating portion sizes, and automatically calculating the nutritional content of meals.

The aim of this narrative review was to gather the scientific evidence regarding the use of these technologies for carbohydrate counting in individuals with T1DM, exploring their advantages and limitations. The available literature suggests that these tools may facilitate carbohydrate counting, promote greater autonomy, and improve disease self-management. However, limitations remain regarding the accuracy of estimates, variability among the food composition databases used, and the limited clinical validation of many applications.

Keywords

“Diabetes mellitus”; “Carbohydrate counting”; “Mobile health applications”; “Artificial intelligence”

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

DM- Diabetes *Mellitus*

DM1- Diabetes *Mellitus* Tipo 1

DM2- Diabetes *Mellitus* Tipo 2

HbA1c- Hemoglobina Glicada A1c

HC- Hidratos de Carbono

IA- Inteligência Artificial

SMCG- Sistemas de Monitorização Contínua da Glicose

Sumário

Resumo	i
Abstract	ii
Lista de abreviaturas, siglas e acrônimos	iii
Sumário	iv
Introdução.....	1
Objetivos	2
Metodologia	2
Terapêutica Nutricional na DM1	3
Contagem de HC	3
Utilização de Aplicações Móveis na Contagem de HC.....	5
Tecnologia Utilizada nas Aplicações Móveis na Contagem de HC	6
Aplicações Móveis na Contagem de HC	10
Conclusões	14
Agradecimentos	15
Referências	16
Anexos	20
Anexo 1 - Parecer da orientadora do Trabalho Complementar.....	20
Apêndices	21
Apêndice A- Expressões de pesquisa e palavras-chave.....	21

Introdução

A DM é definida como uma alteração metabólica caracterizada principalmente por hiperglicemia crónica⁽¹⁾. As causas subjacentes podem incluir alterações na secreção de insulina, resistência à insulina ou ambas⁽¹⁾. Dada a heterogeneidade da etiologia e fisiopatologia, a DM é atualmente classificada em diferentes tipos, nomeadamente DM1, diabetes *mellitus* tipo 2 (DM2), diabetes *mellitus* gestacional e outros tipos específicos decorrentes de diferentes causas, como fatores genéticos, autoimunes, doenças do pâncreas exócrino e o uso de determinados medicamentos^(2, 3).

A DM1 caracteriza-se pela destruição autoimune das células beta produtoras de insulina dos ilhéus de *Langerhans*, conduzindo geralmente a uma deficiência grave de insulina⁽⁴⁾. Atualmente, estima-se que cerca de 9,5 milhões de pessoas vivem com DM1 em todo o mundo, verificando-se um aumento de aproximadamente 13% face aos 8,4 milhões estimados em 2021⁽⁵⁾. Representa aproximadamente 5-10% de todos os casos de DM⁽⁴⁾.

Na população com DM1, a administração diária de insulina é indispensável para manter os níveis de glicose sanguínea dentro dos valores adequados. Os esquemas de insulinoterapia procuram mimetizar, tanto quanto possível, a secreção fisiológica pancreática, permitindo um controlo glicémico eficaz e maior flexibilidade relativamente aos horários das refeições e aos níveis de atividade física^(4, 6).

As insulinas utilizadas podem ser classificadas de acordo com o seu perfil de ação em insulinas prandiais e basais. As insulinas prandiais, de ação rápida ou ultrarrápida, são administradas às refeições para controlar a glicemia pós-

prandial, enquanto as insulinas basais, de ação intermédia, prolongada ou ultralonga, asseguram um fornecimento contínuo de insulina, contribuindo para a manutenção dos níveis glicémicos durante os períodos de jejum⁽⁷⁾.

O tratamento desta doença baseia-se, essencialmente, na insulinoterapia, na monitorização glicémica e na educação alimentar do doente.

Assim, considerando a complexidade do tratamento e a necessidade de um ajuste preciso da terapêutica insulínica, a contagem de HC assume um papel fundamental na gestão da DM1⁽⁸⁻¹⁰⁾. Neste contexto, o presente trabalho foca-se na contagem de HC na DM1.

Objetivos

A presente revisão temática tem como objetivo reunir e sintetizar a literatura científica atualmente disponível acerca da utilização de aplicações móveis e ferramentas baseadas em IA na contagem de HC, explorando a sua utilidade, aplicabilidade e potencial impacto no contexto da monitorização alimentar e da gestão da DM1.

Metodologia

Para a elaboração da presente revisão bibliográfica foram utilizadas as bases de dados científicas eletrónicas PubMed, Scopus e Web of Science. Os termos de pesquisa utilizados, assim como, as palavras-chave encontram-se descritos no Apêndice A. A seleção dos artigos decorreu em várias etapas: inicialmente através da análise do título, resumo e disponibilidade do texto integral, seguida da leitura completa dos artigos considerados potencialmente relevantes. Posteriormente, procedeu-se ainda à análise das referências bibliográficas dos estudos incluídos,

com o objetivo de identificar literatura adicional pertinente para o tema em estudo.

Foram considerados artigos publicados em português e inglês, não tendo sido estabelecido qualquer limite temporal relativamente ao ano de publicação. Privilegiaram-se estudos com relevância para o tema abordado e realizados preferencialmente em população adulta (≥ 18 anos). No total, foram incluídas 50 referências nesta revisão.

A organização e gestão bibliográfica das fontes utilizadas foi efetuada através do software EndNote, de acordo com a norma bibliográfica “FCNAUP_2010”. A orientação da presente revisão temática esteve a cargo da Mestre Cátia Lopes (parecer em Anexo 1).

Terapêutica Nutricional na DM1

A alimentação assume um papel central na gestão da DM1, sendo considerada um componente tão importante quanto a terapêutica farmacológica no controlo da doença. A evidência demonstra uma forte relação entre a alimentação e o controlo glicémico, reconhecendo-se que a intervenção nutricional é fundamental para atingir um adequado controlo metabólico e prevenir complicações micro e macrovasculares associadas à DM1^(4, 6, 11).

A terapêutica nutricional na DM1 baseia-se nos princípios de uma alimentação saudável e equilibrada, devendo ser adaptada às necessidades individuais, tendo em consideração fatores sociais, culturais, psicológicos e económicos⁽¹¹⁾.

Contagem de HC

Juntamente com as recomendações nutricionais básicas, a contagem de HC é utilizada no tratamento da DM1 desde a década de 1920⁽¹⁰⁾, e constitui atualmente

uma das principais estratégias de terapêutica nutricional, sendo considerada o método de referência (“*gold standard*”) para alcançar um melhor controle glicêmico em indivíduos insulino dependentes⁽¹²⁾.

Este método é particularmente utilizado em indivíduos tratados com múltiplas administrações diárias de insulina ou através de perfusão subcutânea contínua, permitindo um maior ajuste entre a ingestão alimentar e a terapêutica insulínica^(10, 11).

A contagem de HC baseia-se no princípio de que este macronutriente é o principal responsável pela resposta glicêmica pós-prandial e, conseqüentemente, o principal determinante das necessidades de insulina associadas às refeições. Assim, este método consiste na identificação dos alimentos fornecedores de HC e na estimativa da quantidade total consumida ao longo da refeição, habitualmente expressa em gramas^(4, 6, 11, 13). A dose de insulina prandial é posteriormente ajustada de acordo com a quantidade consumida e com a relação insulina:HC previamente estabelecida para cada indivíduo^(4, 6). Contudo, outros componentes da refeição, como o teor de gordura e proteína, podem também influenciar a resposta glicêmica tardia, podendo justificar ajustes adicionais na terapêutica insulínica⁽⁴⁾.

A utilização da contagem de HC tem sido associada a diversos benefícios clínicos, nomeadamente melhoria do controle glicêmico, redução dos valores de hemoglobina glicada A1c (HbA1c) e maior flexibilidade alimentar^(4, 14). Ao permitir ajustar a dose de insulina às refeições, este método possibilita uma alimentação menos restritiva e mais adaptada ao estilo de vida da pessoa com DM1⁽¹⁴⁾. Além disso, facilita a definição de objetivos nutricionais individualizados e promove uma maior autonomia na gestão da doença⁽¹⁴⁾.

Embora a contagem seja considerada uma estratégia amplamente recomendada, as orientações internacionais defendem que os HC não devem ser excessivamente restringidos na DM1, uma vez que tal poderá comprometer o crescimento em idade pediátrica, bem como o bom controlo glicémico e o adequado aporte nutricional^(11, 15). Hoje, recomenda-se que os HC representem cerca de 50-55% do valor energético total diário, integrados num padrão alimentar saudável e equilibrado^(6, 15). Apesar dos benefícios reconhecidos da contagem na otimização da terapêutica insulínica, a evidência científica mostra que uma proporção significativa de pessoas com DM1 continua a apresentar dificuldades na estimativa correta da quantidade de HC consumida⁽⁸⁻¹⁰⁾. Esta imprecisão compromete o cálculo adequado do bólus de insulina prandial, podendo resultar em desequilíbrios glicémicos importantes⁽⁸⁾. A sobrestimação da quantidade de HC ingeridos pode conduzir à administração excessiva de insulina e aumentar o risco de hipoglicemia, enquanto a subestimação está associada a hiperglicemia pós-prandial devido à administração insuficiente de insulina^(8, 10).

Utilização de Aplicações Móveis na Contagem de HC

A utilização de aplicações móveis na contagem de HC tem ganho destaque nos últimos anos⁽¹⁶⁻¹⁸⁾. Estas ferramentas surgem como uma estratégia promissora para simplificar o processo da contagem, aumentar a autonomia do utilizador e apoiar a toma de decisão diária^(19, 20).

O crescimento das tecnologias digitais na saúde permitiu o surgimento de inúmeras aplicações voltadas à monitorização da alimentação, da atividade física, da glicemia e da administração de insulina⁽¹⁹⁻²¹⁾. Atualmente, muitas aplicações associadas à DM1 incluem funcionalidades como bases de dados alimentares

extensas, cálculo automático de macronutrientes, registo de glicemias, integração com sistemas de monitorização contínua da glicose (SMCG) e até sincronização com bombas de insulina e outros dispositivos médicos^(19, 22, 23). Algumas aplicações permitem ainda a consolidação de diferentes dados num único sistema, facilitando o controlo global da doença e promovendo uma abordagem mais integrada da autogestão da DM1⁽¹⁹⁾.

Apesar do potencial destas ferramentas, a evidência científica disponível continua a demonstrar que a contagem de HC permanece frequentemente imprecisa, mesmo quando auxiliada por aplicações móveis. Alguns estudos referem que, embora estas aplicações possam facilitar o processo e melhorar a adesão à contagem, a obtenção da elevada precisão necessária para um controlo glicémico pós-prandial ideal continua a ser desafiante⁽²⁴⁻²⁶⁾. Ainda assim, diversos trabalhos sugerem que as aplicações móveis podem contribuir para melhorias no controlo metabólico, particularmente por meio do aumento da consciencialização alimentar e da simplificação do registo das refeições^(17, 21, 27). Utilizadores de aplicações de apoio à DM1 conseguiram melhorar ou manter níveis adequados de HbA1c, sobretudo quando estas ferramentas eram utilizadas de forma consistente e associadas a educação terapêutica adequada⁽²⁷⁾.

Tecnologia Utilizada nas Aplicações Móveis na Contagem de HC

As aplicações móveis utilizadas na contagem de HC recorrem atualmente a diferentes abordagens tecnológicas, que diferem quanto ao modo de obtenção da informação nutricional e ao grau de automatização do processo ^(16, 19).

Inicialmente, a maioria das aplicações móveis utilizadas na contagem de HC baseava-se sobretudo em métodos manuais, nos quais o utilizador necessitava de introduzir os alimentos consumidos e estimar visualmente as porções ingeridas^{(19,}

²⁸⁾. As tecnologias baseadas no registo manual constituem, atualmente, a abordagem mais utilizada, permitindo ao utilizador registar os alimentos consumidos e obter automaticamente a estimativa do conteúdo nutricional da refeição. Estas soluções podem favorecer a monitorização alimentar, a autonomia na autogestão da DM e a adesão à contagem de HC⁽¹⁷⁾. Contudo, a sua precisão permanece fortemente dependente da correta identificação dos alimentos e da estimativa das porções pelo utilizador, podendo ocorrer discrepâncias resultantes de erros na introdução de dados, diferenças entre bases de dados alimentares e dificuldades na quantificação de refeições complexas⁽²⁹⁻³²⁾.

Com os avanços da visão computacional e dos algoritmos de IA, incluindo técnicas de *machine learning*, surgiram aplicações capazes de automatizar parte deste processo⁽³³⁾. Ao contrário das aplicações convencionais, estes sistemas recorrem à análise de imagens para reconhecer os alimentos presentes na refeição, estimar o volume ou peso das porções e calcular automaticamente o conteúdo energético e nutricional, incluindo os HC^(34, 35). Esta automatização poderá reduzir a carga associada ao registo alimentar, tornando a contagem de HC mais rápida, simples e acessível para os utilizadores^(19, 25). Além disso, estudos realizados com sistemas de reconhecimento automático de imagem demonstram que estas ferramentas conseguem produzir estimativas semelhantes às realizadas por profissionais de saúde, sugerindo potencial utilidade clínica^(23, 25, 36). Outra vantagem frequentemente referida na literatura é o potencial destas tecnologias para integrar diferentes componentes da gestão da DM num único sistema^(17, 19). A combinação entre aplicações móveis, SMCG, bombas de insulina e algoritmos de IA poderá permitir abordagens cada vez mais personalizadas, automatizadas e

orientadas para a toma de decisão em tempo real⁽¹⁷⁾. Apesar destes avanços, a evidência disponível demonstra que permanecem desafios importantes relativamente à precisão e à validação clínica destas tecnologias⁽³³⁻³⁵⁾. Nos sistemas baseados em visão computacional, a identificação automática dos alimentos e a estimativa correta das porções continuam dependentes de múltiplos fatores, incluindo qualidade da fotografia, iluminação, ângulo da imagem, presença de alimentos sobrepostos e complexidade das refeições⁽³³⁾. Consequentemente, embora os resultados sejam encorajadores, continuam a existir erros relevantes na estimativa dos HC, sobretudo em refeições mistas ou compostas por alimentos de difícil identificação^(25, 36). Paralelamente ao desenvolvimento das aplicações baseadas em visão computacional, os modelos de IA generativa começaram recentemente a ser explorados como uma abordagem complementar para apoiar a contagem de HC⁽³⁷⁾. Mais recentemente, Joubert et al. verificou que determinadas ferramentas baseadas em IA generativa apresentaram níveis de precisão semelhantes ou superiores aos observados em algumas aplicações móveis tradicionalmente utilizadas para contagem de HC⁽³⁷⁾. Contudo, os modelos de IA generativa apresentam limitações que importa considerar. A qualidade das estimativas continua fortemente dependente da informação fornecida pelo utilizador, sendo ainda escassa a evidência relativa à sua validação clínica em contexto real^(37, 38). Acresce que a estimativa do volume alimentar continua a representar um dos principais desafios para os sistemas automatizados de avaliação alimentar^(34, 35).

Para além das limitações técnicas, importa considerar outros fatores que poderão condicionar a implementação da IA na prática clínica. Alguns autores alertam para o risco de os utilizadores desenvolverem uma confiança excessiva nas estimativas

fornechas pelas aplicações, embora a automatização possa facilitar a contagem de HC, a utilização destas ferramentas sem conhecimentos básicos de nutrição ou sem supervisão adequada poderá aumentar o risco de erros terapêuticos, particularmente em pessoas com menor literacia em saúde⁽²⁰⁾. Acrescem ainda questões relacionadas com custos, acessibilidade, privacidade e proteção de dados pessoais, frequentemente apontadas como barreiras à implementação destas tecnologias em larga escala⁽¹⁷⁾.

O Quadro 1 sintetiza as vantagens e desvantagens das abordagens tecnológicas no apoio à contagem de HC.

Quadro 1. Vantagens e desvantagens das diferentes abordagens tecnológicas no apoio à contagem de HC.

Tipo de tecnologia	Vantagens	Desvantagens	Referências
Aplicações móveis convencionais (registo manual)	Facilitam o registo alimentar; promovem maior autonomia e adesão à autogestão da DM1; permitem cálculo automático de macronutrientes; interfaces geralmente simples e acessíveis;	Persistem erros na estimativa das porções; variabilidade das bases de dados nutricionais; necessidade frequente de introdução manual de alimentos; dependência da literacia digital do utilizador; precisão limitada em refeições complexas;	(16, 19, 21, 26, 27)
Aplicações móveis suportadas por IA (visão computacional e <i>machine learning</i>)	Automatização da identificação alimentar e cálculo de HC; redução da carga associada à contagem manual; maior rapidez e conveniência; estimativa automática das porções; potencial integração com SMCG e bombas de insulina; potencial para personalização terapêutica em tempo real;	Dependência da qualidade da imagem; dificuldades no reconhecimento de refeições mistas ou alimentos sobrepostos; erros na estimativa do volume alimentar; limitada validação clínica; preocupações relacionadas com privacidade e proteção de dados;	(25, 33, 35, 36, 39)

Aplicações Móveis na Contagem de HC

A revisão da literatura evidencia uma elevada heterogeneidade quanto ao público-alvo, objetivos, funcionalidades disponibilizadas e grau de evidência científica existente. Algumas aplicações foram desenvolvidas sobretudo para a monitorização alimentar da população em geral, privilegiando o registo da ingestão alimentar, o cálculo nutricional e o acompanhamento dos hábitos alimentares. Outras apresentam um enquadramento mais direcionado para a autogestão da DM, integrando funcionalidades como o registo da glicemia, da administração de insulina, da medicação e da contagem de HC^(16, 17, 27, 40). Apesar do crescente número de aplicações disponíveis, a literatura não identifica uma ferramenta claramente superior às restantes, verificando-se diferenças importantes relativamente à precisão nutricional, qualidade das bases de dados, funcionalidades disponibilizadas, facilidade de utilização e robustez da evidência científica disponível^(16, 27, 41).

O Quadro 2 apresenta as principais aplicações móveis para apoio à contagem de HC.

Quadro 2. Síntese das principais aplicações móveis para apoio à contagem de HC.

Aplicação	Tecnologia utilizada	População-alvo	Objetivos	Vantagens na contagem de HC	Desvantagens na contagem de HC	Referências
MyFitnessPal®	Registo manual e base de dados alimentar	População geral	Registo alimentar e contagem de nutrientes	- Extensa base de dados alimentar; - Registo alimentar simples e rápido; - Boa concordância com os métodos de referência dos diferentes estudos para o valor energético e macronutrientes; - Leitor de código de barras;	- Tendência para subestimar valores energéticos e de HC; - Dependente da introdução correta dos alimentos; - Qualidade variável da informação nutricional devido à contribuição dos utilizadores para a base de dados;	(16, 26, 28-32)
FatSecret®	Registo manual e base de dados alimentar	População geral	Registo alimentar e contagem de nutrientes	- Gratuito; - Extensa base de dados, com possibilidade de adicionar alimentos, receitas e refeições personalizadas; - Interface intuitiva e fácil navegação; - Leitor de código de barras;	- Menor precisão para refeições complexas e receitas caseiras; - Dependência da correta identificação dos alimentos pelo utilizador; - Precisão variável na estimativa dos nutrientes; - Diferenças de usabilidade entre as versões para iOS e Android;	(16, 29, 32, 41)
Fitbit®	Registo manual e base de dados alimentar	População geral	Monitorização da alimentação e atividade física	- Boa concordância na estimativa dos HC; - Integra monitorização alimentar e atividade física; - Elevada aceitação pelos utilizadores, especialmente em populações jovens habituadas a tecnologias móveis;	- Acesso limitado a nutrientes na versão gratuita; - Dependente da correta introdução dos alimentos; - Precisão variável entre nutrientes, não sendo todos estimados com a mesma exatidão;	(26, 33)
Lose It!®	Base de dados alimentar	População geral	Controlo alimentar e gestão do peso	- Boa usabilidade e definição de objetivos; - Boa precisão na estimativa dos HC comparada com o método de referência utilizado no estudo (NDSR);	- Possíveis discrepâncias na composição nutricional dos alimentos devido à inclusão de entradas geradas pelos utilizadores; - Dependente da correta introdução dos alimentos e das porções;	(16, 20, 26)
MyPlate®	Registo manual e base de dados alimentar	População geral	Educação alimentar e monitorização nutricional	- Simplicidade de utilização; - Fornece informação nutricional detalhada; - Promove monitorização alimentar e mudança comportamental;	- Dependente da correta introdução dos alimentos e das porções; - Possíveis erros e inconsistências na base de dados, por serem geradas por utilizadores;	(16, 26, 42, 43)
Lifesum®	Registo manual e base de dados alimentar	População geral	Monitorização alimentar e promoção de hábitos saudáveis	- Interface apelativa e facilidade de utilização; - Boa concordância na estimativa dos HC comparada com o método de referência (NDSR);	- Algumas funcionalidades mais avançadas são limitadas a versões pagas; - Possíveis discrepâncias nutricionais devido a entradas geradas pelos utilizadores;	(26, 44, 45)

Aplicação	Tecnologia utilizada	População-alvo	Objetivos	Vantagens na contagem de HC	Desvantagens na contagem de HC	Referências
CalorieKing®	Registo manual e base de dados alimentar	População geral e indivíduos com DM	Consulta nutricional e contagem de HC	- Gratuito; - Excelente concordância com a base de dados de referência (NDSR) para os HC; - Base de dados extensa, incluindo alimentos embalados, restaurantes e cadeias fast-food; - Base de dados nutricional validada e revista por dietistas;	- Necessita de introdução manual das quantidades consumidas; - Evidência científica limitada para a contagem de HC;	(46)
MySugr®	Registo manual, base de dados alimentar e integração com dispositivos	Indivíduos com DM	Autogestão da doença	- Registo integrado da glicemia, HC, medicação e estado de humor; - Permite a geração de relatórios para partilha com profissionais de saúde;	- Não existem estudos que validem especificamente a precisão da contagem de HC; - Algumas funcionalidades de análise avançada estão limitadas à versão Pro; - A precisão de contagem depende fortemente da seleção correta dos alimentos e das porções;	(19, 47, 48)
Diabetes:M®	Registo manual, base de dados alimentar e integração com dispositivos	Indivíduos com DM	Autogestão da doença	- Gratuito; - Registo integrado de glicemia, HC, insulina e outros parâmetros clínicos; - Calculador de bólus; - Base de dados alimentar; - Gráficos e relatório; - Lembretes para medicação e monitorização; - Partilha de dados com profissionais de saúde;	- Evidência científica ainda limitada relativamente à sua utilização na contagem de HC; - Exige configuração inicial relativamente complexa (fatores de sensibilidade e rácios HC/insulina) - Interface pode não ser menos intuitiva para utilizadores iniciantes; - Algumas funcionalidades avançadas requerem subscrição paga;	(40)
GluciCheck®	Comparação com imagens padronizadas	Indivíduos com DM	Apoio à contagem de HC	- Utiliza imagens padronizadas para estimar porções; - Base de dados alimentar extensa e personalizável; - Integra registo de glicemias, insulina e refeições; - Boa precisão na estimativa dos HC;	- Dependência da avaliação visual do utilizador; - Possíveis erros na estimativa das porções; - Pouca evidência científica disponível; - Impacto no controlo glicémico a longo prazo ainda não demonstrado;	(25, 37)
Foodvisor®	IA (visão computacional e <i>machine learning</i>)	População geral e indivíduos com DM	Estimativa automática da composição nutricional	- Utiliza IA e reconhecimento automático de alimentos através de fotografia; - Leitor de código de barras; - Processo rápido e intuitivo para o utilizador;	- Maior frequência de erros clinicamente relevantes (subestimação HC); - Precisão dependente da qualidade da imagem e das condições de captação; - Dificuldade em identificar alimentos mistos, sobrepostos ou parcialmente ocultos;	(25, 49)
GoCARB®	IA (visão computacional e <i>machine learning</i>)	Pessoas com DM1	Estimativa automática de HC	- Utiliza visão computacional para reconhecer automaticamente os alimentos e estimar porções; - Fornece cálculo automático dos HC da refeição; - Fácil e rápida utilização;	- Necessita de fotografias de boa qualidade e de diferentes ângulos para estimar o volume dos alimentos; - Dificuldade na identificação de alimentos mistos ou refeições complexas; - O desempenho pode ser afetado pela iluminação, disposição dos alimentos e sobreposição de ingredientes;	(22, 25, 36, 50)

As aplicações com bases de dados alimentares mais extensas oferecem maior flexibilidade ao utilizador, mas apresentam também maior variabilidade na composição nutricional dos alimentos, sobretudo quando incluem informação introduzida pelos próprios utilizadores^(26, 29, 30, 32). Em contrapartida, as aplicações especificamente desenvolvidas para pessoas com DM distinguem-se pela integração de funcionalidades clínicas adicionais, permitindo centralizar informação relacionada com a monitorização diária da doença numa única plataforma^(17, 40, 47, 48). Contudo, a existência destas funcionalidades não implica necessariamente maior precisão na contagem de HC ou impacto comprovado no controlo glicémico, uma vez que a validação clínica destas aplicações permanece limitada^(17, 27, 40, 47, 48).

As aplicações que recorrem a tecnologias de reconhecimento automático de alimentos, como visão computacional e algoritmos de *machine learning*, representam uma evolução relevante face ao registo exclusivamente manual, ao permitirem automatizar parte do processo de identificação alimentar e estimativa das porções^(36, 50). No entanto, a evidência disponível demonstra que estas ferramentas continuam condicionadas por fatores como a qualidade da imagem, a complexidade da refeição, a presença de alimentos sobrepostos e a dificuldade na estimativa do volume alimentar^(22, 25, 36).

Embora a evidência atualmente disponível não permita estabelecer a superioridade de uma aplicação relativamente às restantes, a MyFitnessPal® foi a ferramenta mais frequentemente referenciada na literatura. Este destaque poderá estar relacionado com a combinação entre uma extensa base de dados alimentar, facilidade de utilização e uma concordância globalmente aceitável na

estimativa dos HC. Adicionalmente, Evenepoel et al. refere que esta é uma das aplicações de nutrição mais utilizadas e recomendadas por profissionais de saúde, reforçando o seu potencial como ferramenta de apoio à contagem de HC⁽³⁰⁾.

Conclusões

A presente revisão temática permitiu reunir a evidência científica disponível sobre a utilização de aplicações móveis e IA na contagem de HC. De forma geral, a literatura sugere que estas tecnologias podem facilitar o registo alimentar, simplificar a contagem de HC e contribuir para a autogestão da DM1.

As aplicações móveis generalistas destacam-se pela acessibilidade e facilidade de utilização, enquanto as aplicações desenvolvidas especificamente para a DM apresentam maior potencial clínico, devido à integração de funcionalidades relacionadas com a insulinoaterapia. Paralelamente, os avanços na IA e no reconhecimento automático de imagem evidenciam um potencial crescente para automatizar a contagem de HC e reduzir a necessidade de introdução manual de dados, podendo futuramente contribuir para sistemas de apoio à decisão cada vez mais integrados.

Apesar destes avanços, persistem limitações relacionadas com a precisão das estimativas nutricionais, o reconhecimento automático dos alimentos e a reduzida validação clínica de muitas aplicações disponíveis. Além disso, a heterogeneidade metodológica dos estudos analisados impossibilitou identificar qual a aplicação móvel mais eficaz para a contagem de HC. Neste contexto, são necessários estudos comparativos com metodologias padronizadas que permitam avaliar de forma robusta a precisão, a utilidade clínica e o impacto destas tecnologias na gestão da DM1.

Agradecimentos

A realização deste trabalho marca o fim de uma etapa muito importante da minha vida. Este percurso não teria sido possível sem o apoio e o carinho de todos aqueles que caminharam ao meu lado. A todos, o meu sincero obrigada.

Em especial, quero agradecer aos meus pais e à Inês, por acreditarem sempre em mim, mesmo quando eu própria duvidei.

À minha família, por ser o meu maior exemplo de união, dedicação e perseverança.

À Mariana e à Sofia, as minhas melhores amigas, por terem sido a minha verdadeira lufada de ar fresco ao longo destes anos.

À Maria, por ter caminhado sempre de mão dada comigo ao longo deste percurso.

À Dra. Cátia Lopes, expresso a minha mais sincera gratidão pela infinita paciência, disponibilidade e dedicação. Obrigada por todos os ensinamentos, pela orientação constante, pela confiança e por me incentivar sempre a procurar fazer melhor. Foi um privilégio aprender consigo.

Por fim, mas não menos importante, agradeço à FCNAUP. Ao longo destes anos, foi muito mais do que uma instituição de ensino: foi uma verdadeira casa. Obrigada a todos os professores e colaboradores que diariamente contribuem para que cada estudante se sinta acolhido, acompanhado e motivado a crescer. Tive a felicidade de ser recebida de braços abertos desde o primeiro dia, e levo comigo aprendizagens, memórias e pessoas que certamente me acompanharão para a vida.

Referências

1. Ewald N, Bretzel RG. Diabetes mellitus secondary to pancreatic diseases (Type 3c)--are we neglecting an important disease? *Eur J Intern Med.* 2013; 24(3):203-6.
2. 2. Diagnosis and Classification of Diabetes: Standards of Care in Diabetes-2024. *Diabetes Care.* 2024; 47(Suppl 1):S20-s42.
3. Sun H, Saeedi P, Karuranga S, Pinkepank M, Ogurtsova K, Duncan BB, et al. IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes Res Clin Pract.* 2022; 183:109119.
4. Holt RIG, DeVries JH, Hess-Fischl A, Hirsch IB, Kirkman MS, Klupa T, et al. The management of type 1 diabetes in adults. A consensus report by the American Diabetes Association (ADA) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD). *Diabetologia.* 2021; 64(12):2609-52.
5. Ogle GD, Wang F, Haynes A, Gregory GA, King TW, Deng K, et al. Global type 1 diabetes prevalence, incidence, and mortality estimates 2025: Results from the International diabetes Federation Atlas, 11th Edition, and the T1D Index Version 3.0. *Diabetes Res Clin Pract.* 2025; 225:112277.
6. Smart C, Aslander-van Vliet E, Waldron S. Nutritional management in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes.* 2009; 10 Suppl 12:100-17.
7. Committee ADAPP. 9. Pharmacologic Approaches to Glycemic Treatment: Standards of Care in Diabetes—2025. *Diabetes Care.* 2024; 48(Supplement_1):S181-S206.
8. Brazeau AS, Mircescu H, Desjardins K, Leroux C, Strychar I, Ekoé JM, et al. Carbohydrate counting accuracy and blood glucose variability in adults with type 1 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract.* 2013; 99(1):19-23.
9. Tatulashvili S, Dreves B, Meyer L, Cosson E, Joubert M. Carbohydrate counting knowledge and ambulatory glucose profile in persons living with type 1 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract.* 2024; 210:111592.
10. Meade LT, Rushton WE. Accuracy of Carbohydrate Counting in Adults. *Clin Diabetes.* 2016; 34(3):142-7.
11. Evert AB, Dennison M, Gardner CD, Garvey WT, Lau KHK, MacLeod J, et al. Nutrition Therapy for Adults With Diabetes or Prediabetes: A Consensus Report. *Diabetes Care.* 2019; 42(5):731-54.
12. Yilmaz Kavcar S, Köse G, Karaca Çelik KE, Çelik A, Baş M. Carbohydrate Counting: A Bibliometric Analysis with a Focus on Research. *Nutrients.* 2024; 16(19)
13. Cristiana Lopes1*; Anabela Almeida1; Elisabete Carolino2 ACMHVLLRJP. KNOWLEDGE ABOUT CARBOHYDRATE COUNT AND METABOLIC CONTROL IN PATIENTS WITH CONTINUOUS SUBCUTANEOUS INSULIN PERFUSION SYSTEM.
14. Maria ERDCAPdOJCIdS, Moraes Sd. CARBOHYDRATE COUNTING AS THE MAIN ALLY FOR REDUCING MEDICATION DOSAGE IN THE TREATMENT OF TYPE 2 DIABETES MELLITUS.
15. Dyson PA, Kelly T, Deakin T, Duncan A, Frost G, Harrison Z, et al. Diabetes UK evidence-based nutrition guidelines for the prevention and management of diabetes. *Diabet Med.* 2011; 28(11):1282-8.

16. Ferrara G, Kim J, Lin S, Hua J, Seto E. A Focused Review of Smartphone Diet-Tracking Apps: Usability, Functionality, Coherence With Behavior Change Theory, and Comparative Validity of Nutrient Intake and Energy Estimates. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2019; 7(5):e9232.
17. Fleming GA, Petrie JR, Bergenstal RM, Holl RW, Peters AL, Heinemann L. Diabetes digital app technology: benefits, challenges, and recommendations. A consensus report by the European Association for the Study of Diabetes (EASD) and the American Diabetes Association (ADA) Diabetes Technology Working Group. *Diabetologia*. 2020; 63(2):229-41.
18. de Oliveira FM, Calliari LEP, Feder CKR, de Almeida MFO, Pereira MV, de Almeida Fagundes Alves MTT, et al. Efficacy of a glucose meter connected to a mobile app on glycemic control and adherence to self-care tasks in patients with T1DM and LADA: a parallel-group, open-label, clinical treatment trial. *Arch Endocrinol Metab*. 2021; 65(2):185-97.
19. Ahn DT, Stahl R. Is There an App for That? The Pros and Cons of Diabetes Smartphone Apps and How to Integrate Them Into Clinical Practice. *Diabetes Spectr*. 2019; 32(3):231-36.
20. Ghelani DP, Moran LJ, Johnson C, Mousa A, Naderpoor N. Mobile Apps for Weight Management: A Review of the Latest Evidence to Inform Practice. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020; 11:412.
21. Kebede MM, Pischke CR. Popular Diabetes Apps and the Impact of Diabetes App Use on Self-Care Behaviour: A Survey Among the Digital Community of Persons With Diabetes on Social Media. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019; 10:135.
22. Vasiloglou MF, Mouggiakakou S, Aubry E, Bokelmann A, Fricker R, Gomes F, et al. A Comparative Study on Carbohydrate Estimation: GoCARB vs. Dietitians. *Nutrients*. 2018; 10(6)
23. Klonoff DC. The current status of mHealth for diabetes: will it be the next big thing? *J Diabetes Sci Technol*. 2013; 7(3):749-58.
24. Shehab M, Cohen RM, Brehm B, Bakas T. Accuracy and Feasibility of Using a Smartphone Application for Carbohydrate Counting Versus Traditional Carbohydrate Counting for Adults With Insulin-Treated Diabetes. *J Diabetes Sci Technol*. 2025; 19(5):1302-09.
25. Joubert M, Meyer L, Doriot A, Dreves B, Jeandidier N, Reznik Y. Prospective Independent Evaluation of the Carbohydrate Counting Accuracy of Two Smartphone Applications. *Diabetes Ther*. 2021; 12(7):1809-20.
26. Griffiths C, Harnack L, Pereira MA. Assessment of the accuracy of nutrient calculations of five popular nutrition tracking applications. *Public Health Nutr*. 2018; 21(8):1495-502.
27. Hood M, Wilson R, Corsica J, Bradley L, Chirinos D, Vivo A. What do we know about mobile applications for diabetes self-management? A review of reviews. *J Behav Med*. 2016; 39(6):981-94.
28. Ahmed M, Mandic I, Lou W, Goodman L, Jacobs I, L'Abbé MR. Validation of a Tablet Application for Assessing Dietary Intakes Compared with the Measured Food Intake/Food Waste Method in Military Personnel Consuming Field Rations. *Nutrients*. 2017; 9(3)
29. Fallaize R, Zenun Franco R, Pasang J, Hwang F, Lovegrove JA. Popular Nutrition-Related Mobile Apps: An Agreement Assessment Against a UK Reference Method. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2019; 7(2):e9838.

30. Evenepoel C, Clevers E, Deroover L, Van Loo W, Matthys C, Verbeke K. Accuracy of Nutrient Calculations Using the Consumer-Focused Online App MyFitnessPal: Validation Study. *J Med Internet Res*. 2020; 22(10):e18237.
31. Chen J, Berkman W, Bardouh M, Ng CYK, Allman-Farinelli M. The use of a food logging app in the naturalistic setting fails to provide accurate measurements of nutrients and poses usability challenges. *Nutrition*. 2019; 57:208-16.
32. Tosi M, Radice D, Carioni G, Vecchiati T, Fiori F, Parpinel M, et al. Accuracy of applications to monitor food intake: Evaluation by comparison with 3-d food diary. *Nutrition*. 2021; 84:111018.
33. Zhu F, Bosch M, Woo I, Kim S, Boushey CJ, Ebert DS, et al. The Use of Mobile Devices in Aiding Dietary Assessment and Evaluation. *IEEE J Sel Top Signal Process*. 2010; 4(4):756-66.
34. Parisa Pouladzadeh¹, Shervin Shirmohammadi^{1, 2}, and Rana Almaghrabi¹, Laboratory DaCVER, University of Ottawa O, Canada, ² Colleges of Engineering and Natural Sciences IŞU, Istanbul, Turkey, Email: {ppouladzadeh s, ralmaghrabi}@discover.uottawa.ca. Measuring Calorie and Nutrition from Food Image
35. Fang S, Liu C, Zhu F, Delp EJ, Boushey CJ. Single-View Food Portion Estimation Based on Geometric Models. *Ism*. 2015; 2015:385-90.
36. Rhyner D, Loher H, Dehais J, Anthimopoulos M, Shevchik S, Botwey RH, et al. Carbohydrate Estimation by a Mobile Phone-Based System Versus Self-Estimations of Individuals With Type 1 Diabetes Mellitus: A Comparative Study. *J Med Internet Res*. 2016; 18(5):e101.
37. Joubert M, Dreves B, Arnould T, Soussi A, Nars G, Canet C, et al. Comparative accuracy of smartphone apps and a generative AI tool for carbohydrate counting: An independent bicentric study. *Diabetes Obes Metab*. 2026; 28(3):2105-12.
38. Goncalves S, Coelho C, Pretre L, Roussillon C, Jarlot M, Ducloux C, et al. Chat, Gemini and Claude at the dinner table: assessing general-purpose AI tools for carbohydrate counting in the context of type 1 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract*. 2026; 231:113031.
39. Sallam M. ChatGPT Utility in Healthcare Education, Research, and Practice: Systematic Review on the Promising Perspectives and Valid Concerns. *Healthcare (Basel)*. 2023; 11(6)
40. Ali Sherazi B, Laeer S, Krutisch S, Dabidian A, Schlottau S, Obarcanin E. Functions of mHealth Diabetes Apps That Enable the Provision of Pharmaceutical Care: Criteria Development and Evaluation of Popular Apps. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 20(1)
41. Martinon P, Saliassi I, Bourgeois D, Smentek C, Dussart C, Fraticelli L, et al. Nutrition-Related Mobile Apps in the French App Stores: Assessment of Functionality and Quality. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2022; 10(3):e35879.
42. Zakerkish M, Shahmoradi S, Haidari F, Latifi SM, Mohammadshahi M. The Effect of Nutrition Education Using MyPlate on Lipid Profiles, Glycemic Indices, and Inflammatory Markers in Diabetic Patients. *Clin Nutr Res*. 2022; 11(3):171-82.
43. Kocyigit E, Bozkurt O, Kocaadam-Bozkurt B, Us Altay D. Impact of MyPlate and the healthy highway program-based nutrition education intervention on preschoolers' knowledge and food choice. *BMC Public Health*. 2025; 25(1):3929.
44. Mistura L, Comendador Azcarraga FJ, D'Addezio L, Martone D, Turrini A. An Italian Case Study for Assessing Nutrient Intake through Nutrition-Related Mobile Apps. *Nutrients*. 2021; 13(9)

45. Svanfeldt S, Seth C, Gners M, Blomqvist A. The science behind the lifesum app: an intervention design analysis. *Sci Rep*. 2025; 15(1):14023.
46. Lin AW, Morgan N, Ward D, Tangney C, Alshurafa N, Van Horn L, et al. Comparative Validity of Mostly Unprocessed and Minimally Processed Food Items Differs Among Popular Commercial Nutrition Apps Compared with a Research Food Database. *J Acad Nutr Diet*. 2022; 122(4):825-32.e1.
47. Mohan V, Kalra S, Augustine A, Kober J. Evaluating the Impact of mySugr(®) Mobile Health Application on Glycemic Control in People with Diabetes Mellitus in India: A Real-World Data Analysis. *Diabetes Ther*. 2025; 16(8):1681-93.
48. Choi JS, Ma D, Wolfson JA, Wyman JF, Adam TJ, Fu HN. Associations Between Psychosocial Needs, Carbohydrate-Counting Behavior, and App Satisfaction: A Randomized Crossover App Trial on 92 Adults With Diabetes. *Comput Inform Nurs*. 2023; 41(12):1026-36.
49. Stephanie Van Asbroeck MCM, PhD. Use of Different Food Image Recognition Platforms in Dietary Assessment: Comparison Study.
50. Joachim Dehais¹, Marios Anthimopoulos^{1,3}, Stavroula Mougiakakou^{1,4}. GoCARB: a Smartphone Application for Automatic Assessment of Carbohydrate Intake.

Anexos

Anexo 1 - Parecer da orientadora do Trabalho Complementar

**REPÚBLICA
PORTUGUESA**

**SNS** SERVIÇO NACIONAL
DE SAÚDE

**UNIDADE LOCAL DE SAÚDE
SANTO ANTÓNIO**

**santo
antónio**
UNIVERSIDADE DE PORTO

DECLARAÇÃO

Eu, Cátia Filipa Barbosa Lopes, tendo sido orientadora do trabalho complementar, para os devidos efeitos, declaro que a estudante **Leticia Isabel Araújo Guimarães**, aluna da Licenciatura em Ciência da Nutrição na Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto, realizou o seu trabalho complementar do estágio curricular, intitulado *"Utilização de Aplicações Móveis e Inteligência Artificial na Contagem de Hidratos de Carbono"* ao abrigo da sua área de estágio no Serviço de Nutrição na Unidade Local de Saúde de Santo António.

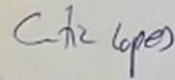
A aluna mostrou preocupação na pertinência e atualidade na escolha do tema do trabalho complementar.

Durante a redação do trabalho a aluna demonstrou ser possuidora de bons conhecimentos científicos, boa capacidade de pesquisa em base de dados de forma a garantir uma boa fundamentação teórica e científica. Também demonstrou capacidade de relacionar e analisar literatura científica, levando a uma melhoria das suas capacidades de reflexão e análise crítica.

Pelo descrito, e pela identificação valores humanos e gosto pela Nutrição demonstrado, classifico o seu desempenho ao longo de todo o trabalho complementar como muito bom.

Porto, 30 de junho de 2026.

O ORIENTADOR



(Cátia Lopes)

Apêndices

Apêndice A- Expressões de pesquisa e palavras-chave

Expressões de Pesquisa	("type 1 diabetes" OR "diabetes mellitus type 1" OR "T1DM") AND ("carbohydrate counting" OR "carbohydrate estimation" OR "carbohydrate intake" OR "carbohydrate counting accuracy")
	("type 1 diabetes" OR "T1DM" OR "insulin-treated diabetes") AND ("mobile applications" OR "smartphone applications" OR "mobile apps" OR "mHealth" OR "digital health") AND ("dietary assessment" OR "food intake monitoring" OR "nutrition tracking" OR "carbohydrate counting")
	("diabetes" OR "type 1 diabetes" OR "T1DM") AND ("nutrition apps" OR "diet-tracking apps" OR "food logging apps" OR "MyFitnessPal" OR "FatSecret" OR "Fitbit" OR "Lose It" OR "MyPlate" OR "Lifesum" OR "GluciCheck") AND ("accuracy" OR "validity" OR "nutrient estimation" OR "carbohydrate estimation")
	("GoCARB" OR "Foodvisor" OR "food image recognition" OR "automatic food recognition") AND ("carbohydrate estimation" OR "carbohydrate counting" OR "dietary assessment")("type 1 diabetes" OR "T1DM") AND ("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "computer vision" OR "food image recognition" OR "generative AI" OR "large language models" OR "ChatGPT") AND ("carbohydrate counting" OR "carbohydrate estimation" OR "dietary assessment")
Palavra-passe	"Type 1 diabetes"
	"Carbohydrate counting"
	"Carbohydrate estimation"
	"Mobile applications"
	"Nutrition apps"
	"Artificial intelligence"
	"Food image recognition"

