

QUALIDADE NUTRICIONAL DAS PROTEÍNAS VEGETAIS: DA COMPLEMENTAÇÃO DE AMINOÁCIDOS AO DESEMPENHO MUSCULAR

Gislaine Juk Santos¹.

¹Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná.

<http://lattes.cnpq.br/7487665092489276>

RESUMO: O conceito de proteína vegetal incompleta ainda influencia discursos profissionais sobre dietas baseadas em plantas. O presente trabalho sintetiza a evidência científica sobre a qualidade nutricional das proteínas vegetais, analisando os métodos de avaliação de aminoácidos, as estratégias de otimização da matriz vegetal e os desfechos relacionados ao desempenho e hipertrofia muscular. A análise fundamentou-se em literatura científica e documentos técnicos de órgãos de referência. Resultados indicam que a classificação binária de proteína “incompleta” é enganosa, pois a variedade alimentar supre as necessidades de aminoácidos essenciais ao longo do dia. Escores como PDCAAS e DIAAS apresentam limitações em alimentos isolados, sendo mais informativos em padrões alimentares completos. Estratégias de combinação e a otimização da matriz vegetal elevam a biodisponibilidade, enquanto ensaios clínicos sustentam a eficácia para a síntese muscular. Em suma, a evidência científica invalida a classificação simplista de “incompleta”, demonstrando que a qualidade e o desempenho físico dependem da sinergia entre fontes e da otimização da matriz vegetal, fundamentando uma prescrição dietética segura.

PALAVRAS-CHAVE: Nutrição baseada em plantas. Síntese proteica. Biodisponibilidade.

NUTRITIONAL QUALITY OF PLANT PROTEINS: FROM AMINO ACID COMPLEMENTATION TO MUSCLE PERFORMANCE

ABSTRACT: The concept of incomplete plant protein still influences professional discourse on plant-based diets. This paper synthesizes scientific evidence on the nutritional quality of plant proteins, analyzing amino acid assessment methods, plant matrix optimization strategies, and outcomes related to performance and muscle hypertrophy. The analysis was based on scientific literature and technical documents from reference organizations. Results indicate that the binary classification of “incomplete” protein is misleading, as dietary variety meets essential amino acid needs throughout the day. Scores such as PDCAAS and DIAAS have limitations in isolated foods, being more informative in complete dietary patterns. Combination strategies and plant matrix optimization increase bioavailability, while clinical trials support efficacy for muscle synthesis. In summary, scientific evidence invalidates the simplistic “incomplete” classification, demonstrating that quality and physical performance depend on synergy between sources and plant matrix optimization, grounding a safe dietary prescription.

KEYWORDS: Plant-based nutrition. Protein synthesis. Bioavailability.

INTRODUÇÃO

O conceito de proteína completa versus proteína incompleta acompanha a nutrição desde os primeiros estudos sobre aminoácidos essenciais, no início do século XX, tendo sido popularizado a partir da obra *Diet for a Small Planet*, de Frances Moore Lappé, publicada originalmente em 1971 (Lappé, 1971). Por anos, essa classificação sustentou a recomendação de que alimentos vegetais deveriam ser obrigatoriamente combinados dentro de uma mesma refeição para que se obtivesse um perfil de aminoácidos equivalente ao das proteínas de origem animal — recomendação que a própria autora revisou já na edição de décimo aniversário da obra, reconhecendo o caráter excessivamente rígido da formulação original (Lappé, 1982).

Avanços posteriores na compreensão do metabolismo proteico revelaram, contudo, que essa exigência de simultaneidade é menos rígida do que inicialmente se acreditava. Young e Pellett (1994), em revisão clássica sobre proteínas vegetais e nutrição humana, demonstraram que misturas de proteínas vegetais podem constituir fonte completa e bem equilibrada de aminoácidos para atender às necessidades fisiológicas humanas, e que o organismo é capaz de utilizar aminoácidos provenientes de refeições consumidas ao longo de um mesmo dia, e não apenas de uma única refeição isolada (Young; Pellett, 1994).

Essa compreensão é reforçada pelo posicionamento da Academy of Nutrition and Dietetics, que afirma que os termos completo e incompleto são enganosos quando aplicados à proteína vegetal, uma vez que a proteína proveniente de uma variedade de alimentos vegetais, consumida ao longo do dia, fornece quantidade adequada de todos os aminoácidos indispensáveis quando as necessidades calóricas são atendidas (Melina; Craig; Levin, 2016). Posicionamento mais recente da mesma entidade reitera que, embora as proteínas vegetais possam apresentar menor digestibilidade e teores reduzidos de aminoácidos específicos como lisina e metionina, a variação na composição de aminoácidos entre diferentes alimentos vegetais ricos em proteína permite consumo adequado de todos os aminoácidos essenciais ao longo do dia, em uma dieta variada que atenda às necessidades energéticas (Academy of Nutrition and Dietetics, 2025).

A relevância do tema é ampliada pelo contexto de transição alimentar global. A Comissão EAT-Lancet, ao propor uma dieta de referência planetária baseada predominantemente em alimentos vegetais como estratégia para conciliar saúde humana e sustentabilidade ambiental, reforçou a necessidade de compreender com precisão a qualidade nutricional das proteínas vegetais em padrões alimentares amplamente adotados (Willett et al., 2019).

Compreender essa evolução conceitual — da combinação obrigatória à complementação distribuída ao longo do dia — é o ponto de partida deste capítulo, que revisita os fundamentos da qualidade proteica vegetal à luz do conhecimento atual, incluindo os métodos contemporâneos de avaliação da qualidade proteica, suas limitações metodológicas, estratégias para aumento de biodisponibilidade e digestibilidade, e a

evidência clínica disponível sobre desfechos relacionados à síntese proteica muscular.

Este capítulo propõe-se a desmistificar, desde sua abertura, a noção de proteína vegetal incompleta, substituindo-a por uma compreensão baseada em evidências sobre aminoácidos essenciais, métodos de avaliação da qualidade proteica e combinação de fontes alimentares vegetais.

OBJETIVO

Sintetizar a evidência científica sobre a qualidade nutricional das proteínas vegetais, analisando os métodos de avaliação de aminoácidos, as estratégias de otimização da matriz vegetal e os desfechos relacionados ao desempenho e hipertrofia muscular.

METODOLOGIA

Trata-se de estudo de abordagem qualitativa, de natureza aplicada e objetivo exploratório, desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica e análise técnica de literatura científica. Foram consultadas bases de dados acadêmicas e documentos de entidades de referência global, incluindo artigos em periódicos indexados, relatórios da Food and Agriculture Organization (FAO), posicionamentos oficiais da Academy of Nutrition and Dietetics e o relatório da Comissão EAT-Lancet.

A seleção das fontes priorizou evidências sobre métodos contemporâneos de avaliação da qualidade proteica (PDCAAS e DIAAS), estratégias de complementação de aminoácidos, técnicas de otimização da matriz vegetal e ensaios clínicos focados em síntese proteica muscular e hipertrofia. A busca bibliográfica não estabeleceu uma delimitação temporal rígida, visando integrar desde as bases históricas que fundamentam o conceito de complementação proteica até as atualizações clínicas mais recentes sobre o desempenho físico

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aminoácidos essenciais e qualidade proteica

A qualidade de uma proteína alimentar é determinada pela combinação entre seu teor de aminoácidos indispensáveis (ou essenciais) e sua digestibilidade. Os aminoácidos essenciais — histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina — não podem ser sintetizados pelo organismo humano em quantidade suficiente, devendo ser obtidos pela dieta. Alimentos vegetais apresentam, de modo geral, distribuição heterogênea desses aminoácidos entre os diferentes grupos alimentares, sendo a lisina frequentemente o aminoácido limitante em cereais, e os aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína) os mais limitantes em leguminosas (Young; Pellett, 1994).

Durante décadas, o método de referência para avaliação da qualidade proteica foi o Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS), adotado oficialmente pela Organização Mundial da Saúde, pela FAO e pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Em 2013, a FAO recomendou a substituição do PDCAAS pelo Digestible

Indispensable Amino Acid Score (DIAAS), índice que corrige limitações metodológicas do escore anterior ao considerar a digestibilidade ileal individual de cada aminoácido, em vez da digestibilidade fecal total da proteína (FAO, 2013).

DIAAS e PDCAAS: classificação de proteínas vegetais e limitações metodológicas

Segundo classificação proposta pela própria FAO, proteínas com DIAAS igual ou superior a 100 são consideradas de qualidade excelente, entre 75 e 99 são consideradas de alta qualidade, e valores inferiores a 75 não recebem alegação de qualidade proteica. Revisão de Herreman et al. (2020), que avaliou dezessete fontes proteicas de origem animal e vegetal, identificou que, quando consideradas isoladamente, proteínas vegetais como tremoço, canola, milho, cânhamo, fava, aveia, ervilha e arroz situam-se na categoria sem alegação de qualidade (DIAAS inferior a 75), enquanto a proteína de soja foi classificada como de alta qualidade, com DIAAS médio igual ou superior a 75, equiparando-se nesse aspecto à proteína do soro do leite (Herreman et al., 2020).

Vale ponderar, no entanto, que focar na classificação isolada dos alimentos pouco auxilia na prática dietética real, visto que nenhum padrão alimentar saudável se sustenta em uma única fonte proteica. Ao avaliar cardápios vegetarianos estritos sob o rigor do modelo EAT-Lancet, pesquisadores suíços demonstraram que a preocupação com a ‘baixa qualidade’ de certas fontes é atenuada pelo contexto da dieta global. Ao comparar dias baseados em fontes como grão-de-bico e amêndoas com dias enriquecidos com tofu e lentilha, observou-se que até os cardápios teoricamente ‘inferiores’ alcançaram um DIAAS satisfatório de 76. Com a inclusão de fontes de alta qualidade, esses índices chegaram a patamares de excelência (DIAAS 94 e PDCAAS 98). Esses achados, que mostram a adequação dos aminoácidos essenciais na quase totalidade dos cardápios, sustentam a tese de que a diversificação alimentar é suficiente para garantir a segurança nutricional (Rojas Conzuelo et al., 2022).

As críticas ao método DIAAS estão presentes na análise de Craddock et al. (2021), especialmente quando o foco se volta para dietas baseadas em plantas. Os autores argumentam que o índice falha em pontos estruturais, como na imprecisão dos fatores de conversão de nitrogênio e na baixa representatividade de alimentos vegetais comuns em sua base de dados. Há também um descompasso técnico importante: as aferições costumam ignorar o ganho de digestibilidade trazido pelo cozimento, já que testam grãos crus, e baseiam-se em modelos de crescimento animal rápido e que pouco refletem a fisiologia humana. Acima de tudo, os autores alertam que o DIAAS peca por seu olhar “atômico”, focado no alimento isolado, negligenciando a sinergia e a combinação de fontes proteicas que caracterizam a matriz alimentar real (Craddock et al., 2021).

Diante dessas limitações, uma avaliação isolada de alimentos vegetais individuais pode levar a conclusões precipitadas sobre sua suposta inferioridade nutricional, quando, na prática, a alimentação humana é composta por refeições variadas e não por fontes proteicas únicas. Em vez de focar em pontuações individuais de alimentos, a ciência atual

prioriza a dinâmica do padrão alimentar, reconhecendo que a sinergia entre diferentes fontes é o que realmente define a adequação nutricional (Craddock et al., 2021; Rojas Conzuelo et al., 2022).

Combinação entre leguminosas e cereais

O princípio da complementação proteica fundamenta-se exatamente na distribuição desigual de aminoácidos limitantes entre os grupos de alimentos vegetais. De modo geral, cereais apresentam baixo teor de lisina, mas teor adequado de aminoácidos sulfurados; leguminosas apresentam o padrão inverso, com bom teor de lisina e teor reduzido de aminoácidos sulfurados. A combinação entre os dois grupos permite que as deficiências de um sejam compensadas pelo perfil do outro, resultando em proteína de qualidade superior à de cada fonte isolada (Herreman et al., 2020).

Herreman et al. (2020) demonstraram, por meio de simulação de misturas proteicas, que a combinação de fontes vegetais complementares é capaz de elevar substancialmente o DIAAS em relação às proteínas isoladas: uma mistura composta por 41% de proteína de arroz e 59% de proteína de ervilha atinge DIAAS de até 84, escore de proteína de alta qualidade. É importante ressaltar, contudo, que o ganho prático dessa combinação depende da qualidade das fontes envolvidas. Rogers et al. (2024) compararam a resposta plasmática de aminoácidos essenciais após a ingestão de um blend de proteína de ervilha e arroz, de proteína de ervilha isolada e de proteína do soro do leite em adultos saudáveis, e não foi observado aumento da disponibilidade de aminoácidos no blend em relação à ervilha isolada, resultado atribuído pelos próprios autores à já elevada qualidade proteica da ervilha utilizada como comparador no estudo (Rogers et al., 2024). Tal achado reforça que a complementação proteica deve ser compreendida como princípio orientador geral, e não como regra universal aplicável a qualquer combinação de fontes vegetais.

É importante notar que a classificação da ervilha como uma fonte de “baixa qualidade” — baseada em escores DIAAS inferiores a 75 em estudos de simulação — deve ser interpretada com cautela na prática nutricional. Embora revisões como a de Herreman et al. (2020) situem a ervilha isolada em uma categoria sem alegação de qualidade técnica, evidências clínicas recentes, como as de Rogers et al. (2024), demonstram que o isolamento proteico pode conferir à ervilha um perfil de aminoácidos tão robusto que a sua combinação com outras fontes (como o arroz) não gera incremento adicional na disponibilidade plasmática de aminoácidos essenciais. Essa eficácia biológica é corroborada por ensaios que comprovam que a suplementação com proteína de ervilha isolada promove ganhos de espessura muscular equivalentes aos obtidos com a proteína do soro do leite (Babault et al., 2015). Portanto, a qualidade proteica da ervilha não deve ser vista como estática, mas como um fator dependente do nível de processamento e de sua alta capacidade de sustentar a síntese proteica muscular em cenários de treinamento de força (Rogers et al., 2024).

Estratégias para aumento da biodisponibilidade e digestibilidade

Para além da combinação estratégica de grupos alimentares e do refinamento industrial de isolados, a literatura descreve um espectro mais amplo de intervenções capazes de otimizar a matriz vegetal. A menor digestibilidade observada originalmente em proteínas vegetais cruas, que gira em torno de 75% a 80%, contra 90% a 95% em proteínas animais, decorre da presença natural de fatores antinutricionais como fitatos, taninos e inibidores de proteases. Esses compostos interagem negativamente com as enzimas digestivas, mas podem ser neutralizados por técnicas acessíveis de processamento doméstico ou industrial (Sá; Moreno; Carciofi, 2019).

Técnicas domésticas como remolho, germinação, descasque e cocção são descritas como métodos simples e eficazes para reduzir esses fatores antinutricionais e aumentar a biodisponibilidade proteica e mineral dos alimentos vegetais. No âmbito industrial, técnicas como extrusão, hidrólise enzimática e a produção de concentrados ou isolados proteicos também contribuem para esse objetivo, sendo capazes de inativar até 80% da atividade de inibidores de tripsina presentes em farinhas de leguminosas em sua forma crua (Sá; Moreno; Carciofi, 2019).

Crescimento de proteínas vegetais isoladas e ultraprocessados proteicos

Acompanhando o crescimento do interesse por dietas baseadas em plantas, o mercado de proteínas vegetais isoladas — destinadas tanto à indústria de suplementos quanto à formulação de produtos ultraprocessados proteicos veganos — tem se expandido de forma acentuada. Esse crescimento amplia o leque de fontes proteicas disponíveis além da tradicional proteína de soja, incluindo isolados de ervilha, arroz, batata, aveia e cânhamo, entre outros. Ao mesmo tempo, esse cenário impõe ao nutricionista a necessidade de avaliar criticamente tanto o perfil nutricional quanto o grau de processamento desses produtos, uma vez que a expansão da oferta de ultraprocessados proteicos vegetais não substitui a recomendação de uma dieta baseada predominantemente em alimentos in natura ou minimamente processados, em consonância com os princípios da dieta de referência planetária proposta pela Comissão EAT-Lancet (Willett et al., 2019).

Proteínas vegetais e síntese proteica muscular: evidências em atletas

Uma das principais aplicações práticas da discussão sobre qualidade proteica vegetal refere-se à sua eficácia para a síntese proteica muscular e a hipertrofia em praticantes de exercício físico. Revisão sistemática recente, que analisou treze estudos sobre suplementação com isolados de proteína vegetal em homens e mulheres saudáveis submetidos a treinamento de força, concluiu que a suplementação com proteínas de origem vegetal produz resultados semelhantes aos da suplementação com proteína do soro do leite ou leucina isolada, tanto em indivíduos treinados quanto não treinados, no que se refere a ganho de massa magra, espessura muscular e força (Bertin et al., 2026).

A equivalência biológica entre fontes vegetais e animais em desfechos práticos de

hipertrofia é demonstrada por diversos ensaios clínicos de alto rigor. Um exemplo central é o estudo de Babault et al. (2015), que comprovou que a suplementação com proteína de ervilha promove aumentos na espessura muscular e ganhos de força comparáveis aos do soro do leite (whey protein). Conclusões semelhantes aparecem em meta-análise focada na proteína de soja, que não encontrou discrepâncias estatísticas em relação às proteínas animais para o desenvolvimento de massa e força muscular (Messina et al., 2018). Indo além da suplementação isolada, evidências com atletas veganos revelam que uma dieta exclusivamente vegetal sustenta adaptações ao treinamento de força idênticas às de uma dieta onívora, desde que o aporte proteico total seja devidamente atingido (Hevia-Larraín et al., 2021). Os dados sugerem, assim, que o potencial de hipertrofia das proteínas vegetais — sejam elas isoladas ou combinadas — equipara-se ao das fontes animais, desde que o aporte total de proteínas e o perfil de leucina sejam respeitados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A desconstrução da dicotomia entre proteínas completas e incompletas é um passo essencial para alinhar a prática nutricional às evidências contemporâneas sobre o metabolismo humano. A noção de que alimentos vegetais isolados são nutricionalmente inferiores ignora a capacidade do organismo de utilizar aminoácidos provenientes de uma dieta variada consumida ao longo do dia, o que torna a exigência de simultaneidade de fontes em uma única refeição um conceito cientificamente superado (Young; Pellett, 1994; Melina; Craig; Levin, 2016).

Mais do que estratégias pontuais, a adequação proteica fundamenta-se na diversificação de fontes e, fundamentalmente, no atendimento das necessidades energéticas totais, o que assegura que o organismo disponha de todos os aminoácidos indispensáveis ao longo do dia, independentemente da simultaneidade nas refeições. Nesse cenário, a sinergia entre grupos e a otimização da matriz vegetal figuram como recursos técnicos que favorecem a biodisponibilidade, mas a base da saúde nutricional está na suficiência e variedade da dieta como um todo. No campo da performance, esse suporte metabólico amplo permite que as proteínas vegetais sustentem ganhos de força e hipertrofia equivalentes aos observados com proteínas animais, desde que os requisitos globais de aporte sejam atingidos (Herreman et al., 2020; Sá; Moreno; Carciofi, 2019; Bertin et al., 2026; Babault et al., 2015).

A consolidação desse corpo de evidências oferece ao nutricionista o suporte técnico necessário para transitar de uma conduta baseada em simplificações históricas para uma prescrição clínica objetiva e replicável, alinhada aos pilares da saúde individual e da sustentabilidade ambiental (Willett et al., 2019).

REFERÊNCIAS

ACADEMY OF NUTRITION AND DIETETICS. Vegetarian Dietary Patterns for Adults: A Position Paper of the Academy of Nutrition and Dietetics. **Journal of the Academy of**

Nutrition and Dietetics, 2025.

BABAULT, N.; PAÏZIS, C.; DELEY, G.; GUÉRIN-DEREMAU, L.; SANIEZ, M. H.; LEFRANC-MILLOT, C.; ALLAERT, F. A. Pea proteins oral supplementation promotes muscle thickness gains during resistance training: a double-blind, randomized, Placebo-controlled clinical trial vs. Whey protein. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 12, n. 1, p. 3, 2015.

BERTIN, R. L.; MARUIAMA, N. A.; CHAVES, M. A.; BRAZ, L. F. C. S.; FIX, A. R. V.; RETONDARIO, A.; ULBRICH, A. Z. Effects of plant-based protein supplementation on hypertrophy in healthy males and females who practice resistance training: a systematic review. **Retos**, v. 81, p. 345-364, 2026.

CRADDOCK, J. C.; GENONI, A.; STRUTT, E. F.; GOLDMAN, D. M. Limitations with the Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS) with special attention to plant-based diets: a review. **Current Nutrition Reports**, v. 10, n. 1, p. 93-98, 2021.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Dietary protein quality evaluation in human nutrition**: report of an FAO expert consultation. Roma: FAO, 2013.

HERREMAN, L.; NOMMENSEN, P.; PENNING, B.; LAUS, M. C. Comprehensive overview of the quality of plant- and animal-sourced proteins based on the digestible indispensable amino acid score. **Food Science & Nutrition**, v. 8, n. 10, p. 5379-5391, 2020.

HEVIA-LARRAÍN, V.; GUALANO, B.; LONGOBARDI, I.; GIL, S.; FERNANDES, A. L.; COSTA, L. A. R.; PEREIRA, R. M. R.; ARTIOLI, G. G.; PHILLIPS, S. M.; ROSCHEL, H. High-Protein Plant-Based Diet Versus a Protein-Matched Omnivorous Diet to Support Resistance Training Adaptations: A Comparison Between Habitual Vegans and Omnivores. **Sports Medicine**, v. 51, n. 6, p. 1317-1330, 2021.

LAPPÉ, F. M. **Diet for a Small Planet**. Nova York: Ballantine Books, 1971.

LAPPÉ, F. M. **Diet for a Small Planet** (10th Anniversary Edition, Completely Revised and Updated). Nova York: Ballantine Books, 1982.

MELINA, V.; CRAIG, W.; LEVIN, S. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Vegetarian Diets. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 116, n. 12, p. 1970-1980, 2016.

MESSINA, M.; LYNCH, H.; DICKINSON, J. M.; REED, K. E. No Difference Between the Effects of Supplementing With Soy Protein Versus Animal Protein on Gains in Muscle Mass and Strength in Response to Resistance Exercise. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 28, n. 6, p. 674-685, 2018.

ROGERS, L. M.; BELFIELD, A. E.; KORZEP, M.; GRITSAS, A.; CHURCHWARD-VENNE, T. A.; BREEN, L. Postprandial plasma aminoacidemia and indices of appetite regulation following pea-rice blend, pea isolate and whey protein ingestion in healthy young adults. **British Journal of Nutrition**, v. 132, n. 6, p. 691-700, 2024.

ROJAS CONZUELO, Z.; BEZ, N. S.; THEOBALD, S.; KOPF-BOLANZ, K. A. Protein Quality Changes of Vegan Day Menus with Different Plant Protein Source Compositions. **Nutrients**,

v. 14, n. 5, p. 1088, 2022.

SÁ, A. G. A.; MORENO, Y. M. F.; CARCIOFI, B. A. G. Food processing for the improvement of plant proteins digestibility. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, n. 20, p. 3367-3386, 2019.

WILLETT, W. et al. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The Lancet**, v. 393, n. 10170, p. 447-492, 2019.

YOUNG, V. R.; PELLETT, P. L. Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 59, n. 5, p. 1203S-1212S, 1994.