



Treinamento aquático e terrestre em desfechos funcionais e glicêmicos de pessoas com Diabetes Tipo 2: dados preliminares do Aquatic and Land Exercise for Diabetes - ensaio clínico randomizado

Aquatic and land training on functional and glycemic outcomes in people with type 2 diabetes: preliminary data from Aquatic and Land Exercise for Diabetes randomized clinical trial

AUTORES

Angelica Danielevicz¹
Larissa dos Santos Leonel¹
Ingrid Alessandra Victoria Wolin¹
Marina Isolde Constantini¹
Herber Orlando Benitez¹
Mabel Diesel¹
Cíntia de La Rocha Freitas¹
Rodrigo Sudatti Delevatti¹

¹ Universidade Federal de Santa Catarina,
Departamento de Educação Física, Florianópolis,
Santa Catarina, Brasil.

CONTATO

Angelica Danielevicz
Angelica_danielevicz@hotmail.com
Campus Universitário Reitor João David
Ferreira Lima, s/nº, Trindade, Florianópolis,
Santa Catarina, Brasil.
CEP: 88117-350

DOI

10.12820/rbafs.31e0429



Este trabalho está licenciado com uma Licença
Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional.

Copyright© 2026 Angelica Danielevicz,
Larissa dos Santos Leonel, Ingrid Alessandra
Victoria Wolin, Marina Isolde Constantini,
Herber Orlando Benitez, Mabel Diesel,
Cíntia de La Rocha Freitas, Rodrigo Sudatti
Delevatti.

RESUMO

Introdução: Pessoas com diabetes tipo 2 (DM2) apresentam baixa aderência e desconforto associado às práticas de exercício tradicionais, por isso, modalidades alternativas como exercício em meio aquático devem ser investigadas. **Objetivos:** Verificar os efeitos de 11 semanas do treinamento combinado (aeróbico e força) em diferentes meios (aquático e terrestre) sobre desfechos funcionais e glicêmicos de pacientes com DM2. **Métodos:** Dados preliminares de um ensaio clínico randomizado comparador, com dois grupos em paralelo. Participaram adultos e idosos com DM2 de ambos os gêneros, com idade entre 45 e 80 anos. O programa de treinamento foi aplicado três vezes por semana, em dias alternados, sendo realizado treinamento combinado no meio aquático (AQUA) ou terrestre (LAND). Foram avaliados, na linha de base e na 12ª semana, o desempenho nos testes: caminhada de 6 minutos (TC6M), Sentar e Levantar (SL), Sentar e Alcançar pelo Banco de Wells (Flex), TUG em velocidade habitual (TUG-h) e máxima (TUG-m) e controle glicêmico (glicose e insulina em jejum, HOMA-IR e HbA1c). **Resultados:** Participaram 37 pessoas (18 mulheres, 60,45 ± 8,72 anos). A aderência ao treinamento foi de 87,1 ± 12,9% no AQUA e 81,8 ± 15,5% no LAND ($p = 0,231$). Ambos os grupos apresentaram melhoras no TC6M, TUG-h, TUG-m e Flex ($p < 0,001$), enquanto apenas o AQUA apresentou melhoras no SL ($p < 0,001$). Não houve diferença significativa no controle glicêmico. **Conclusão:** Os treinamentos, aquático e terrestre melhoraram a capacidade funcional de pacientes com DM2, com destaque para melhora apenas no AQUA na força dos membros inferiores. Ainda, 11 semanas não modificaram significativamente o controle glicêmico destes pacientes.

Palavras-chave: Diabetes mellitus tipo 2; Exercício físico; Desempenho físico funcional; Controle glicêmico.

ABSTRACT

Introduction: People with type 2 diabetes (T2DM) exhibit poor adherence and discomfort associated with traditional exercise practices; therefore, alternative modalities such as aquatic exercise should be investigated. **Objective:** Investigating the effects of 11 weeks of combined training (aerobic and resistance) performed in different environments (aquatic and land-based) on functional and glycemic outcomes in patients with T2DM. **Methods:** These are preliminary data from a randomized controlled trial with two parallel groups. The study included adults and older adults of both genders, aged between 45 and 80 years, with T2DM. The training program was conducted three times per week on non-consecutive days, with participants assigned to combined training in either the aquatic (AQUA) or land-based (LAND) environment. Assessments were conducted at baseline and after 12 weeks, including the 6-minute walk test (6 MWT), Sit-to-Stand test (STS), Sit-and-Reach test using the Wells bench (Flex), Timed Up and Go at habitual (TUG-h) and maximal speed (TUG-m), and glycemic control markers (fasting glucose and insulin, HOMA-IR, and HbA1c). **Results:** A total of 37 individuals (18 women; 60.45 ± 8.72 years) participated in the study. Adherence to the training program was 87.1 ± 12.9% in the AQUA group and 81.8 ± 15.5% in the LAND group ($p = 0.231$). Both groups showed significant improvements in the 6MWT, TUG-h, TUG-m, and Flex tests ($p < 0.001$), while improvements in the STS were observed only in the AQUA group ($p < 0.001$). No significant changes were observed in glycemic control. **Conclusion:** Both aquatic and land-based combined training improved functional capacity in patients with T2DM, with specific gains in lower-limb strength observed only in the AQUA group. Furthermore, 11 weeks of training did not induce significant changes in glycemic control in this population.

Keywords: Type 2 diabetes mellitus; Combined training; Physical fitness; Aquatic exercise; Glycemic control.

Introdução

O diabetes mellitus tipo 2 (DM2) é uma doença endócrino-metabólica crônica, caracterizada pela insuficiência absoluta ou relativa na secreção de insulina, além de diminuição da sensibilidade dos órgãos alvos ao hormônio, tendo como principal característica a hiperglicemia (nível elevado de glicose no sangue)¹. O tratamento do DM2 envolve a adoção de bons hábitos alimentares, mudanças no estilo de vida e uso de medicamentos². Nesse contexto, o exercício, além de ser reconhecido como uma importante estratégia de prevenção³, é amplamente recomendado como uma estratégia terapêutica custo-efetiva para o manejo da doença, por reduzir a resistência à insulina, melhorando a utilização da glicose pelos músculos⁴⁻⁶. Dessa forma, as adaptações resultantes da prática regular de exercício físico contribuem para a redução dos níveis de hemoglobina glicada (HbA1c), principal alvo terapêutico no tratamento da DM2³.

Nesse sentido, o exercício físico tem demonstrado a capacidade de reduzir os níveis de HbA1c em uma faixa de 0,5% até 0,7%, magnitudes comparáveis aos efeitos alcançados com o uso de fármacos hipoglicemiantes^{3,7} e o treinamento combinado (força e aeróbico) tem se destacado nas recomendações, uma vez que une os benefícios das duas modalidades. As diretrizes de prescrição de exercícios do *American College of Sports Medicine* recomendam o treinamento combinado para melhoria geral da saúde em pessoas com doenças metabólicas^{3,8} e estudos apontam que o treinamento combinado é tão ou mais eficaz na redução da HbA1c quanto as formas de treinamento aeróbico e de força isolados⁹⁻¹¹.

O quadro metabólico do DM2, como condição crônica, também está associado a um estado de envelhecimento metabólico acelerado, levando a um declínio funcional¹², prejuízos na força muscular¹³, na mobilidade funcional¹⁴ e na capacidade cardiorrespiratória^{15,16}. Essa limitação funcional prejudica uma ampla gama de atividades, afetando a independência nas atividades básicas da vida diária¹⁷, e, nesse contexto, o exercício físico está associado a melhorias em desfechos funcionais em pessoas com DM2¹⁸⁻²⁰.

Apesar da literatura sólida dos efeitos benéficos gerados pela prática regular de exercícios físicos, a grande maioria dos estudos no contexto da DM2 envolvem treinamento em meio terrestre. No entanto, muitas vezes o meio terrestre implica em uma sobrecarga expressiva no sistema osteomuscular, que é atenuado no meio aquático na posição vertical decorrente do empuxo, que

acaba por permitir a realização de exercícios com reduzida força de reação do solo²¹. Além dessa vantagem, de ordem biomecânica, os exercícios em meio aquático podem unir os benefícios do exercício, independente do meio, com possíveis benefícios específicos da imersão, a qual implica, ao menos agudamente, em importantes ajustes neuroendócrinos, como supressão simpática e redução do sistema renina-angiotensina. Nos últimos anos, alguns ensaios clínicos e revisões sistemáticas têm evidenciado benefícios do treinamento em meio aquático sobre a capacidade funcional e controle glicêmico e consequente melhora na qualidade de vida de pacientes com DM2²²⁻²⁶. Adicionalmente, apesar dos benefícios do treinamento em meio aquático, os poucos estudos que compararam o treinamento em meio aquático e meio terrestre nessa população prescreveram majoritariamente treinamento aeróbico, não havendo até o momento estudos congruentes que testaram o treinamento combinado nos diferentes meios^{25,26}. Diante disto, o objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos de 11 semanas do treinamento combinado (aeróbico e força) em diferentes meios (aquático e terrestre) sobre desfechos funcionais e glicêmicos de pacientes com DM2.

Métodos

Desenho do estudo

Este estudo reporta resultados preliminares e de médio prazo (11 semanas) dos desfechos de capacidade funcional e controle glicêmico de um ensaio clínico randomizado comparador, unicêntrico, de dois braços em paralelo, hipótese de superioridade, registrado com o acrônimo ALED (*Aquatic and Land Exercise for Diabetes*). Ressalta-se que o presente trabalho aborda apenas uma parte dos desfechos investigados no macroprojeto. O estudo foi realizado no Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (protocolo 6.735.640) e registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (RBR-10fwqmfy). Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Detalhes do projeto encontram-se no artigo de protocolo²⁷.

Participantes

Os participantes foram selecionados de forma não-aleatória, por voluntariedade, adotando-se os seguintes critérios de elegibilidade: adultos e idosos com DM2, de ambos os gêneros, com idade entre 45 e 80

anos, com diagnóstico médico confirmado de DM2 (HbA1c: 6,5-10%) e/ou uso de medicamentos hipoglicemiantes (exceto insulina exógena); isentos de prática regular de exercício físico (definida como realização de qualquer modalidade de treinamento físico por no mínimo 20 minutos em dois ou mais dias da semana) há pelo menos três meses; ausência de: hipertensão arterial não controlada, neuropatia autonômica, neuropatia periférica severa, retinopatia proliferativa e não proliferativa severa, insuficiência cardíaca não compensada, amputação periférica, insuficiência renal crônica; com promettimentos articulares e/ou musculares que impeçam a realização de exercícios físicos; índice de massa corporal $\geq 40 \text{ kg/m}^2$.

Randomização

Os participantes foram alocados randomicamente em blocos, com relação 1:1, estratificada por gênero e nível de HbA1c, em um dos dois grupos de treinamento combinado: aquático (AQUA) e terrestre (LAND). A lista de alocação foi ocultada de todos os avaliadores dos desfechos. O processo de randomização foi realizado em *software* on-line www.randomizer.org por pesquisador não envolvido nos demais procedimentos do estudo.

Intervenção

Os programas de treinamento (meio aquático e meio terrestre) tiveram duração de 11 semanas, com frequência de três sessões semanais em dias não consecutivos (segundas, quartas e sextas-feiras), no período noturno, sendo realizado o treinamento combinado em meio aquático, através da modalidade de hidroginástica e em meio terrestre, através de caminhada/corrida na esteira e musculação. As sessões de treinamento tiveram duração máxima de 60 minutos, com 5 minutos de aquecimento, 30 a 47 minutos de parte principal (treinamento aeróbio e resistido) e 5 a 10 minutos de volta calma (alongamento para os principais grupos musculares).

A primeira semana de intervenção foi dedicada à familiarização dos participantes com o meio, exercícios e escalas utilizadas no treinamento. As três sessões ocorreram no mesmo horário e com a mesma duração esperada, porém, com uma atenção especial para a educação dos participantes quanto à execução dos exercícios, familiarização com o meio aquático no grupo AQUA e a identificação da zona alvo da percepção subjetiva de esforço (PSE) prescrita e das repetições máximas

dos exercícios de força no grupo LAND. As primeiras abordagens utilizadas para a familiarização com a Escala de Borg ocorreram por meio de explicação oral e experimentação prática de diferentes intensidades.

A intervenção ocorreu sob supervisão de profissionais de Educação Física, com uma relação de 2 profissionais a cada 4 alunos. O treinamento aeróbio foi prescrito pelo método contínuo e controlado pela escala de PSE (Borg 6 a 20 pontos), sendo que a zona alvo da escala variou de acordo com o mesociclo. O treinamento resistido foi composto por exercícios para os principais grupamentos musculares, empregando-se séries múltiplas e a intensidade (carga dos exercícios) foi modulada pela resistência da água no meio aquático e carga dos equipamentos no ambiente terrestre, sendo os participantes orientados a executar os movimentos em máxima velocidade (PSE 19) no ambiente aquático e a manterem-se em zona alvo de repetições máximas em meio terrestre. Ambos os programas de treinamento foram similares em volume e intensidade, tendo uma progressão em volume e outra em intensidade ao longo da periodização (Figura 1).

O treinamento aeróbio em ambiente aquático utilizou-se de cinco exercícios: corrida posterior, chute frontal, elevação posterior, deslize frontal e corrida estacionária, acompanhados de movimentos de membros superiores. O treinamento resistido foi composto por dois blocos de exercícios: bloco 1 (flexão e extensão horizontal de ombro, flexão e extensão unilateral de quadril com flexão e extensão de joelho); bloco 2 (flexão e extensão horizontal de ombro cruzando a frente e flexão e extensão unilateral de joelho), progredindo de 1 série de 30 segundos até 3 séries de 20 segundos de execução em cada exercício, com intervalos de 1 minuto entre séries e blocos e de 10 segundos entre exercícios. O treinamento aeróbio em ambiente terrestre foi realizado em esteira ergométrica e seguiu a mesma periodização do treinamento do grupo AQUA. O treinamento resistido consistiu em quatro exercícios (remada na máquina, *leg press* horizontal, crucifixo na máquina e flexão de joelhos bilateral), que inicialmente foram realizados com 1 série de 12 a 15 repetições, progredindo para 2 séries com 10-12 repetições por exercício, com intervalo entre séries e exercícios de 1 minuto. Na Figura 1 observam-se maiores detalhes sobre a progressão do programa de treinamento.

Avaliação dos desfechos

O desfecho primário, Teste de Caminhada de 6 Minu-

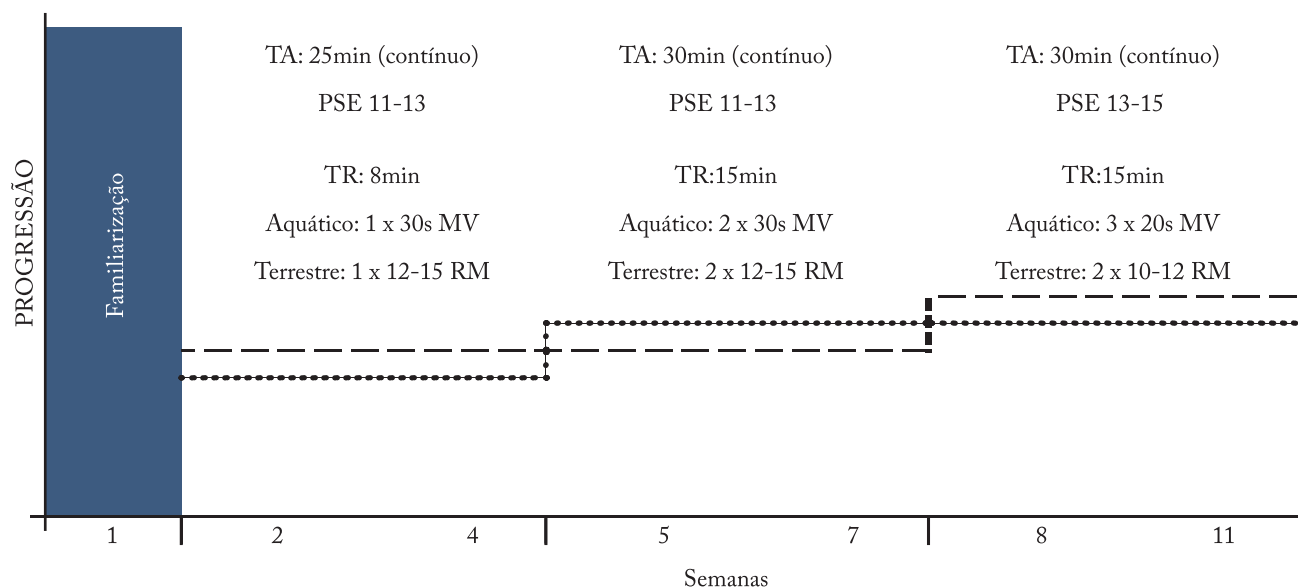


Figura 1 – Estruturação do treinamento combinado em meio aquático e terrestre durante 11 semanas.

...: progressão em duração; ---: progressão em intensidade e densidade; x: séries; min: minutos; MV: velocidade máxima; PSE: percepção subjetiva de esforço (escala de Borg 6–20); RM: repetições máximas; s: segundos; TA: treinamento aeróbio; TR: treinamento resistido.

tos (TC6M), e os desfechos secundários, demais testes de capacidade funcional e marcadores de controle glicêmico foram avaliados antes da alocação dos participantes e após as 11 semanas de treinamento, sendo as avaliações realizadas por avaliadores experientes e cegados quanto à alocação dos participantes. Os desfechos primário e secundário do presente estudo, não são os mesmos do macroprojeto, que tem como desfecho primário o nível de HbA1c. Os desfechos de capacidade funcional foram avaliados no Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina, enquanto os marcadores sanguíneos foram coletados e analisados por profissionais especializados de um laboratório de análises clínicas. Para fins de caracterização da amostra, foram coletados, a partir de uma anamnese, dados de identificação, informações sociodemográficas, condição de saúde e de estilo de vida.

Para avaliar a capacidade funcional foram mensurados a flexibilidade (Flex) através do teste Sentar e Alcançar²⁸, a força e resistência de membros inferiores através do teste de Sentar e Levantar da cadeira em 30 segundos (SL)²⁹, a mobilidade funcional pelo teste *Timed Up-and-Go*³⁰ em velocidade habitual (TUG-h) e em velocidade máxima (TUG-m) e a aptidão cardiorrespiratória pelo TC6M²⁹. A realização dos testes ocorreu na ordem em que estão citados. O teste de Sentar e Alcançar foi realizado em três tentativas adotando-se o maior valor. Todos os testes foram realizados, após explicação e demonstração do avaliador. O teste TUG

foi realizado em duas tentativas, adotando-se o menor valor. O TC6M e o teste de Sentar e Levantar foram realizados em tentativa única.

Para verificar os marcadores de controle glicêmico e resistência à insulina, foram realizadas coletas de sangue venoso após jejum de 8 a 12 horas, em ambiente ambulatorial, por profissionais capacitados. As amostras foram processadas e armazenadas conforme os padrões laboratoriais para posterior análise dos seguintes parâmetros:

- HbA1c: dosada por método de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), expressa em valores percentuais (%);
- Glicemia de jejum: determinada por método enzimático colorimétrico (glicose oxidase), com os valores expressos em mg/dL;
- Insulina de jejum: quantificada por quimioluminescência, com os resultados expressos em $\mu\text{U/mL}$.

A partir dos valores de glicemia e insulina de jejum, foi calculado o Índice de HOMA-IR (*Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance*), utilizando a fórmula:

$$\text{HOMA-IR} = [\text{glicemia de jejum (mmol/L)} * \text{insulina de jejum (}\mu\text{U/ml)}] / 22,5.$$

Todos os procedimentos laboratoriais seguiram os padrões técnicos e de biossegurança vigentes. Os exa-

mes foram realizados em laboratório certificado com controle de qualidade interno e externo.

A aderência ao programa de treinamento, bem como o controle de eventos adversos, foi controlada durante as 11 semanas de intervenção. Para tal, computou-se as frequências de participação nas sessões de treinamento, bem como as perdas amostrais e os motivos foram registrados. Além disso, semanalmente, foram coletados os eventos adversos, a partir de um questionário padrão, respondido todas as sextas-feiras e referente aos últimos sete dias. As perguntas tinham o objetivo de identificar eventos adversos gerais na saúde do participante, além de esclarecer se estes estavam associados ou não ao programa de exercício físico.

Os participantes também foram aconselhados a seguir os hábitos alimentares e uso de medicamentos após o início do estudo. Os dados de comportamento alimentar foram coletados na linha de base e após 24 semanas, mas serão analisado apenas após a finalização do ensaio com o n amostral completo.

Análise estatística

A realização do cálculo do tamanho amostral para o macroprojeto de 24 semanas, considerou um nível de significância de 5%, poder estatístico de 80%, e tamanho de efeito f de 0,129, o que corresponde a uma diferença de -0,4% na HbA1c para o grupo AQUA em comparação ao grupo LAND, com uma proporção de 1:1 entre os grupos. Dessa forma, o cálculo indicou a necessidade mínima de 25 participantes em cada grupo. Considerando uma perda amostral semelhante à encontrada no estudo de Delevatti et al.²¹, que foi de 30%, objetivou-se recrutar 32 participantes por grupo (totalizando 64 participantes no estudo). A análise foi realizada utilizando o programa G-Power versão 3.1.6 (*University of Dusseldorf, Düsseldorf, Alemanha*).

As variáveis de caracterização da amostra contínuas tiveram a normalidade e homogeneidade testada pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Aquelas contínuas classificadas como normais estão descritas por média e desvio-padrão e aquelas classificadas como não-normais, descritas por mediana e intervalo interquartil. Já as variáveis categóricas de caracterização da amostra foram descritas por frequência absoluta (n amostral) e relativa (%). Para comparação entre os grupos, utilizou-se teste t independente ou seu correspondente não paramétrico para os dados contínuos e teste exato de Fisher para os dados e categóricos.

Os desfechos foram apresentados por média e erro

padrão. A análise foi realizada por meio de equações de estimação generalizadas, adotando-se o princípio de Intenção de Tratar e o pós-teste de Bonferroni. A estratégia adotada na análise por Intenção de Tratar, consistiu na inclusão de todos os pacientes que participaram das avaliações de linha de base, independente da sua frequência nas sessões de treinamento ou da participação nas avaliações da 12ª semana. Os dados foram analisados por meio do pacote estatístico SPSS, versão 23.0 e o índice de significância adotado foi de 5%.

Resultados

Iniciaram o estudo 37 participantes (AQUA = 19; LAND = 18) e finalizaram a intervenção 32 participantes, com uma perda amostral de 5% no grupo AQUA (n = 1) por problemas familiares e 22% no grupo LAND (n = 4), três por motivos de problemas de saúde não relacionados ao exercício e um por motivos pessoais (p = 0,132). A análise foi realizada com os 37 participantes que realizaram as avaliações na linha de base, seguindo o princípio de Intenção de Tratar. De maneira geral, a amostra foi composta por 18 mulheres (48,6%), com diagnóstico da DM2 há mais de nove anos, e a maioria utilizando medicamentos das classes biguanidas e estatinas (Tabela 1).

A aderência ao programa de treinamento foi de 87,1 ± 12,9% no AQUA e 81,8 ± 15,5% no LAND, não havendo diferença entre os grupos (p = 0,231). Não foram relatados eventos adversos graves pelos participantes.

Os resultados dos testes de capacidade funcional nos momentos pré e pós-intervenção revelam efeito do tempo, indicando uma melhora significativa em ambos os grupos no TC6M (p < 0,001), Flex (p < 0,001), TUG-h (p < 0,001) e TUG-m (< 0,001) e uma melhora significativa apenas no AQUA no teste SL (p < 0,001) (Tabela 2). Não foram observadas diferenças na HbA1c, glicose e insulina em jejum e HOMA-IR após as 11 semanas de treinamento (Tabela 3).

Discussão

O presente estudo teve o objetivo de verificar os efeitos de 11 semanas de treinamento combinado em diferentes meios (aquático e terrestre) em desfechos funcionais e glicêmicos de pacientes com DM2. Trata-se de dados preliminares do ensaio clínico ALED, e os principais achados evidenciam melhorias na capacidade funcional em ambos os grupos de treinamento, com efeitos superiores no teste de SL para o AQUA. Por outro lado, não foram evidenciadas mudanças significativas nos parâmetros de controle glicêmico.

Tabela 1 – Caracterização da amostra (n = 37).

	Aquático (n = 19)	Terrestre (n = 18)	p-valor
Demográficos			
Idade (anos)	58,00 (52,00; 72,00)	61,50 (50,75; 68,25)	0,647
Gênero (feminino/masculino)	9/10	9/9	0,139
Tempo diagnóstico diabetes tipo 2 (anos)	10,00 ± 6,10	12,66 ± 7,90	0,260
Estado civil (casado/união consensual) n (%)	10 (52,6)	13 (72,2)	0,366
Escolaridade (ensino superior completo) n (%)	5 (27,8)	9 (47,4)	0,171
Índice de massa corporal	30,34 ± 4,67	28,62 ± 3,28	0,265
Doenças n (%)			
Hipertensão	11 (57,9)	10 (55,6)	0,885
Dislipidemia	8 (42,1)	14 (77,8)	0,271
Doença arterial coronariana	2 (10,5)	0 (0,0)	0,157
Medicamentos n (%)			
Inibidor de Sodium-Glucose Co-Transporter-2	6 (31,8)	8 (44,4)	0,420
Tiazolidinediona	1 (5,3)	1 (5,6)	0,743
Biguanida	18 (94,7)	16 (88,9)	0,604
Sulfonilureia	4 (21,1)	6 (33,3)	0,476
Inibidores de Dipeptidil peptidase-4	2 (10,5)	0 (0,0)	0,486
Agonista do receptor Glucagon-like Peptide-1	1 (5,3)	0 (0,0)	>0,999
Estatina	9 (47,4)	13 (72,2)	0,124
Estimulador da tireoide	2 (10,5)	4 (22,2)	0,405
Inibidores de enzima conversora de angiotensina	3 (15,8)	4 (22,2)	0,693
Antagonista dos receptores de angiotensina II	6 (31,6)	7 (38,9)	0,642
Beta-bloqueador	4 (21,1)	2 (11,1)	0,660
Bloqueador do canal de cálcio	2 (10,5)	3 (16,7)	0,660
Diurético	4 (21,1)	6 (33,3)	0,476

Tabela 2 – Efeitos de 11 semanas de treinamento combinado na capacidade funcional de pessoas com diabetes tipo 2 (Aquático = 19; Terrestre = 18).

	Grupo	Baseline	11 semanas	Diferença média (IC 95%)	p-valor (grupo)	p-valor (tempo)	p-valor (g*t)
Teste de caminhada de 6 minutos (metros)	Aquático	547,75 ± 16,67	578,05 ± 19,30	30,30 (7,09; 53,52)	0,167	<0,001	0,938
	Terrestre	518,06 ± 13,16	547,21 ± 15,59	29,15 (11,93; 46,39)			
Sentar e Levantar (repetições)	Aquático	14,40 ± 0,66	17,74 ± 0,92*	3,34 (2,13; 4,54)	0,450	<0,001	<0,001
	Terrestre	14,35 ± 1,00	15,86 ± 1,16	1,51 (-0,40; 3,05)			
Timed-up-and-go em velocidade habitual (segundos)	Aquático	9,78 ± 0,46	8,11 ± 0,32	-1,67 (-2,19; -1,13)	0,952	<0,001	0,282
	Terrestre	9,49 ± 0,42	8,34 ± 0,27	-1,15 (-1,92; -0,37)			
Timed-up-and-go em velocidade máxima (segundos)	Aquático	6,75 ± 0,31	6,05 ± 0,26	-0,70 (-0,95; -0,44)	0,948	<0,001	0,327
	Terrestre	6,67 ± 0,24	6,18 ± 0,20	-0,49 (-0,86; -0,11)			
Flex (centímetros)	Aquático	15,12 ± 1,95	17,44 ± 2,06	2,32 (0,70; 3,93)	0,545	<0,001	0,261
	Terrestre	12,50 ± 2,29	16,32 ± 2,58	3,82 (1,77; 5,85)			

*diferente do momento pré-intervenção (p < 0,001); g*t: interação grupo/tempo.

Os resultados positivos do presente estudo na maioria dos desfechos de capacidade funcional para os dois grupos já eram esperados e vão ao encontro de resultados evidenciados na literatura que mostram benefícios do treinamento combinado em diferentes meios em adultos e idosos^{9,10,25,26}. Destaca-se o fato de que não houve diferença na magnitude de melhora entre os grupos, obtendo-se uma melhora semelhante no TC6M, TUG-h,

TUG-m e Flex, e, de certa forma, surpreende com uma superioridade de AQUA na força e resistência muscular de membros inferiores, analisado pelo teste SL.

A superioridade de AQUA no teste SL, mostra que o treinamento aquático, prescrito por tempo de série em máxima velocidade, como no presente estudo, pode promover ganhos de força e resistência muscular mais pronunciados do que treinamento tradicional de

Tabela 3 – Efeitos de 11 semanas de treinamento combinado no controle glicêmico de pessoas com diabetes tipo 2 (Aquático = 19; Terrestre = 18).

	Grupo	Baseline	11 semanas	Diferença média (IC 95%)	p-valor (grupo)	p-valor (tempo)	p-valor (g*t)
Hemoglobina glicada (%)	Aquático	7,85 ± 0,26	7,80 ± 0,22	-0,05 (-0,30; 0,20)	0,300	0,160	0,337
	Terrestre	7,63 ± 0,23	7,37 ± 0,21	-0,26 (-0,61; 0,09)			
Glicose (miligrama por decilitro)	Aquático	155,42 ± 9,21	163,89 ± 8,63	8,46 (-2,47; 19,39)	>0,999	0,954	0,072
	Terrestre	164,17 ± 9,93	155,13 ± 12,32	-9,04 (-24,67; 6,61)			
Insulina (microunidades por mililitro)	Aquático	18,86 ± 2,45	21,22 ± 2,86	2,36 (-1,86; 8,89)	0,554	0,582	0,458
	Terrestre	23,78 ± 6,39	23,43 ± 2,45	-0,35 (-6,12; 6,58)			
Resistência à Insulina	Aquático	7,31 ± 1,04	8,50 ± 1,24	1,19 (-0,30; 2,68)	0,524	0,904	0,269
	Terrestre	10,20 ± 3,05	8,72 ± 1,71	-1,48 (-5,97; 3,01)			

g*t: interação tempo/grupo.

força em meio terrestre na população com DM2, que pode ser explicado principalmente pela especificidade do treinamento e semelhança ao teste realizado, com grande componente de potência muscular. Além disso, destaca-se que o LAND apresentava apenas um exercício de força para extensores de joelho e quadril (*leg press*), enquanto o AQUA realizava dois exercícios que envolvem esses grupos musculares. Por tratar-se de um treinamento combinado, é necessário analisar o possível impacto do componente aeróbio na força muscular. Enquanto no meio terrestre, o treinamento foi realizado em esteira, sem uso de inclinação e, portanto, com mínima resistência aos movimentos, o treinamento em meio aquático exigiu deslocar os membros inferiores em diferentes planos contra a resistência da água, expressivamente maior que a do ar.

Ainda, quanto às melhoras funcionais que ocorreram em ambos os grupos, destaca-se a melhora no TC6M, no qual AQUA teve um aumento médio de 30,30 ± 11,84 metros e LAND de 29,16 ± 8,79 metros. O TC6M é um teste de exercício submáximo usado para quantificar a capacidade funcional de exercício em populações clínicas, e estudos mostram que melhoras entre 14,0 e 30,5 metros já podem ser consideradas clinicamente relevantes³² para melhor qualidade de vida e diminuição da mortalidade.

A ausência de efeito significativo na redução dos níveis de HbA1c, pode estar associada à curta duração do treinamento (11 semanas). Estudos indicam que intervenções com duração menor que 12 semanas tendem a apresentar efeitos limitados sobre o controle glicêmico em pessoas com DM2, especialmente em amostras com variabilidade medicamentosa e valores basais de HbA1c entre 6,5 e 8,0%^{33,34}. Revisões sistemáticas e meta-análises mostram que a maioria dos estudos utilizam intervenções com duração superior a 12 semanas,

sendo que intervenções mais longas estão associadas a reduções mais consistentes de HbA1c e glicose de jejum³⁵⁻³⁷. Uma explicação para tal comportamento deve-se ao fato de que a meia-vida do glóbulo vermelho é de aproximadamente 120 dias, assim, um programa de treinamento necessitaria de mais de 11 semanas para demonstrar um efeito significativo sobre a HbA1c.

Além da duração da intervenção, a magnitude das respostas glicêmicas também pode estar relacionada ao volume e à intensidade do exercício. Evidências apontam que volumes semanais acima de 170 minutos estão associados a melhorias mais expressivas na sensibilidade à insulina e no controle glicêmico, independentemente do tipo de exercício aplicado³⁸. Além disso, programas que utilizam maior intensidade – como o treinamento resistido com carga mais elevada ou aeróbios intervalados – tendem a produzir maiores reduções nos níveis de insulina e HOMA-IR, especialmente quando realizados por pelo menos 12 semanas³⁹. No presente estudo, embora tenha havido progressão tanto no volume quanto na intensidade, o estímulo foi mantido dentro de uma zona moderada para a maioria dos participantes. Isso pode ter sido suficiente para induzir adaptações funcionais, mas não metabólicas profundas. Treinamentos de maior intensidade, como o treinamento intervalado de alta intensidade ou resistido de alta carga, têm sido associados a melhorias mais significativas na resistência à insulina, inclusive com menor volume total⁴⁰.

Embora o programa de treinamento proposto contemple uma progressão de volume e intensidade, principalmente no componente aeróbio, crucial para melhorar os níveis de HbA1c, a variabilidade no uso de medicamentos entre os participantes pode limitar a detecção de efeitos do exercício em intervenções curtas, pois o efeito do exercício pode ser mascarado ou

potencializado por ajustes farmacológicos^{34,35}. Assim, estudos sugerem que, para populações heterogêneas em relação ao uso de medicamentos, intervenções mais longas são necessárias para observar efeitos independentes do exercício sobre o controle glicêmico.

Como implicação prática, os achados sugerem que o treinamento combinado em diferentes meios, é viável e eficaz para promover melhorias funcionais relevantes em adultos com DM2, independentemente do ambiente. Para pacientes com limitações osteoarticulares ou baixa aptidão física, o meio aquático representa uma alternativa acessível e confortável, com resultados funcionais semelhantes ao treinamento na terra e, em alguns aspectos, superiores, além de ter apresentado boa aderência e menor taxa de perdas dos participantes. No entanto, para otimizar os efeitos metabólicos, principalmente sobre resistência à insulina e HbA1c, programas com maior intensidade ou duração mais longa devem ser considerados.

Como limitações o presente estudo apresenta um baixo n amostral, porém, este é um recorte com dados preliminares de um macroprojeto, que objetiva analisar ao menos 25 participantes por grupo, ao longo de 24 semanas. Como pontos fortes, trata-se do primeiro ensaio clínico que compara treinamento combinado em diferentes meios (aquático e terrestre), com similar periodização e, em diferentes desfechos de pacientes com DM2. Sugere-se, como perspectivas futuras, a investigação dos efeitos do exercício em diferentes meios (aquático e terrestre), a partir de prescrição equivalente, em diferentes doenças crônicas, além da DM2.

Em conclusão, os resultados deste estudo, que consiste em dados preliminares do ensaio clínico ALED, sugerem que 11 semanas de treinamento combinado aquático é superior ao treinamento combinado terrestre na força e resistência muscular de membros inferiores e que ambos os meios (aquático e terrestre) promovem melhoras nos desfechos funcionais de aptidão cardiorrespiratória, mobilidade funcional e flexibilidade de pessoas com DM2. Além disso, 11 semanas de treinamento combinado em diferentes meios, não parecem ser suficientes para modificar os níveis de marcadores de controle glicêmico e resistência à insulina em pessoas com DM2.

Conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Financiamento

Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina

(FAPESC) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Contribuição dos autores

Danilevicz A: Metodologia; Validação de dados e experimentos; Análise de dados; Pesquisa; Supervisão; Redação do manuscrito original; Aprovação da versão final do manuscrito. Leonel LS: Conceitualização; Metodologia; Validação de dados e experimentos; Supervisão; Redação do manuscrito original; Aprovação da versão final do manuscrito. Wolin IAV: Metodologia; Validação de dados e experimentos; Supervisão; Design da apresentação de dados; Redação do manuscrito original; Aprovação da versão final do manuscrito. Constantini MI: Validação de dados e experimentos; Supervisão; Redação do manuscrito original; Aprovação da versão final do manuscrito. Benitez HO: Validação de dados e experimentos; Redação - revisão e edição; Aprovação da versão final do manuscrito. Diesel M: Metodologia; Validação de dados e experimentos; Análise de dados; Curadoria de dados; Redação - revisão e edição; Aprovação da versão final do manuscrito. Freitas CLR: Metodologia; Validação de dados e experimentos; Pesquisa; Supervisão; Redação - revisão e edição; Aprovação da versão final do manuscrito. Delevatti RS: Conceitualização; Metodologia; Validação de dados e experimentos; Pesquisa; Supervisão; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição; Aprovação da versão final do manuscrito.

Disponibilidade de dados de pesquisa e outros materiais

Após a publicação, os dados estarão disponíveis mediante solicitação aos autores.

Referências

1. Banday MZ, Sameer AS, Nissar S. Pathophysiology of diabetes: An overview. *Avicenna J Med*. 2020;10(4):174-88. doi: https://doi.org/10.4103/ajm.ajm_53_20
2. Riebe D, Ehrman JK, Liguori G, Magal M. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 10th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2018.
3. American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes—2023. *Diabetes Care*. 2023;44(Suppl 1):S1-S291.
4. Tokmakidis SP, Zois CE, Volaklis KA, Kotsa K, Tournra AM. The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol*. 2004;92(4-5):437-42. doi: <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1174-6>
5. Evans P, McMillin S, Weyrauch L, Witczak C. Regulation of skeletal muscle glucose transport and glucose metabolism by exercise training. *Nutrients*. 2019;11(10):2432. doi: <https://doi.org/10.3390/nu11102432>
6. Colberg SR, Sigal RJ, Yardley JE, Riddell MC, Dunstan DW, Dempsey PC, et al. Physical activity/exercise and diabetes: a position statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2016;39(11):2065-79. doi: <https://doi.org/10.2337/dc16-1728>

7. Maloney A, Rosenstock J, Fonseca V. A model-based meta-analysis of 24 antihyperglycemic drugs for type 2 diabetes: comparison of treatment effects at therapeutic doses. *Clin Pharmacol Ther.* 2019;105(5):1213-23. doi: <https://doi.org/10.1002/cpt.1307>
8. Liguori G, American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 11th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2020.
9. Mannucci E, Bonifazi A, Monami M. Comparison between different types of exercise training in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2021;31(7):1985-92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2021.02.030>
10. Pan B, Ge L, Xun Y, Chen C, Yang K, Guo Y, et al. Exercise training modalities in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and network meta-analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2018;15(1):72. doi: <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0703-3>
11. Umpierre D, Ribeiro PA, Kramer CK, Leitão CB, Zucatti AT, Azevedo MJ, et al. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA.* 2011;305(17):1790-9. doi: [10.1001/jama.2011.576](https://doi.org/10.1001/jama.2011.576)
12. Ahmad E, Sargeant JA, Yates T, Webb DR, Davies MJ. Type 2 diabetes and impaired physical function: a growing problem. *Diabetology.* 2022;3(1):30-45. doi: <https://doi.org/10.3390/diabetology3010003>
13. Leenders M, Verdijk LB, van der Hoeven L, Adam JJ, van Kranenburg J, Nilwik R, et al. Patients with type 2 diabetes show a greater decline in muscle mass, muscle strength, and functional capacity with aging. *J Am Med Dir Assoc.* 2013;14(8):585-92. doi: [10.1016/j.jamda.2013.02.006](https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.02.006)
14. Volpato S, Bianchi L, Lauretani F, Bandinelli S, Guralnik JM, Zuliani G, et al. Role of muscle mass and muscle quality in the association between diabetes and gait speed. *Diabetes Care.* 2012;35(8):1672-9. doi: <https://doi.org/10.2337/dc11-2202>
15. Alvares TS, Pires FO, Vieira DE, Umpierre D, Balducci S, Boule NG, et al. Cardiorespiratory fitness is impaired in type 1 and type 2 diabetes: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Med Sci Sports Exerc.* 2024;56(9):1553-62. doi: <https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000003451>
16. Macedo ACP, Silveira JS, de Almeida JC, Porto LGG. Cardiorespiratory fitness in individuals with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Arch Endocrinol Metab.* 2023;67(5):e230040. doi: <https://doi.org/10.20945/2359-4292-2023-0040>
17. Bhatt PP, Sheth MS. Comparison of fatigue and functional status in elderly type 2 diabetes patients versus age and gender matched individuals. *Aging Med (Milton).* 2024;7(1):84-9. doi: <https://doi.org/10.1002/agm2.12289>
18. Pfeifer LO, De Nardi AT, da Silva LXXN, et al. Association between physical exercise interventions participation and functional capacity in individuals with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports Med Open.* 2022;8(1):34. doi: <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00422-1>
19. Rijal A, Adhikari TB, Dhakal S, Maagaard M, Piri R, Nielsen EE, et al. Effect of exercise on functional capacity and body weight for people with hypertension, type 2 diabetes, or cardiovascular disease: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2024;16(1):38. doi: <https://doi.org/10.1186/s13102-024-00829-1>
20. Pasanen T, Tolvanen S, Heinonen A, Kujala UM. Exercise therapy for functional capacity in chronic diseases: an overview of meta-analyses of randomised controlled trials. *Br J Sports Med.* 2017;51(20):1459-65. doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097132>
21. Delevatti RS, Kanitz AC, Alberton CL, Marson EC, Lisboa SC, Pinho CD, et al. Glucose control can be similarly improved after aquatic or dry-land aerobic training in patients with type 2 diabetes: a randomized clinical trial. *J Sci Med Sport.* 2016;19(8):688-93. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.10.008>
22. Delevatti RS, Dal Pupo J, Messias LP, Giacomini F, Kanitz AC, Alberton CL, et al. Vertical ground reaction force during land- and water-based exercise performed by patients with type 2 diabetes. *Medicina Sportiva.* 2015;8(4):2550-7.
23. Krueel LFM, Posser MS, Alberton CL, Pinto SS, Araujo CL. Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água. *Kinesis.* 2001;25(1):33-47.
24. Pendergast DR, Moon RE, Krasney JJ, Held HE, Zamparo P. Human physiology in an aquatic environment. *Compr Physiol.* 2015;5(4):1705-50. doi: <https://doi.org/10.1002/cphy.c140018>
25. Leonel LDS, Fernandes PTA, Peres DS, Oliveira DS, Silva RA, Pontes JR, et al. Aquatic training improves HbA1c, blood pressure and functional outcomes of patients with type 2 diabetes: a systematic review with meta-analysis. *Diabetes Res Clin Pract.* 2023;197:110575. doi: [10.1016/j.diabres.2023.110575](https://doi.org/10.1016/j.diabres.2023.110575)
26. Rees JL, Johnson ST, Boulé NG. Aquatic exercise for adults with type 2 diabetes: a meta-analysis. *Acta Diabetol.* 2017;54(10):895-904. doi: <https://doi.org/10.1007/s00592-017-1023-9>
27. Leonel LDS, Wolin IAV, Danielevicz A, Diesel M, Constantini MI, de Oliveira Junior JB, et al. Twenty-four weeks of combined training in different environments, aquatic and land, in the type 2 diabetes management (Aquatic and Land Exercise for Diabetes-ALED): protocol of a randomized clinical trial. *Trials.* 2025;26(1):12. doi: <https://doi.org/10.1186/s13063-024-08660-2>
28. Wells KF, Dillon EK. The sit and reach—a test of back and leg flexibility. *Res Q.* 1952;23(1):115-8. DOI: <https://doi.org/10.1080/10671188.1952.10761965>
29. Rikli RE, Jones CJ. Senior fitness test manual. Champaign: Human Kinetics; 2013.
30. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):142-8. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
31. Sova R. Aquatics: the complete reference guide for aquatic fitness professionals. Boston: Jones & Bartlett; 1992.
32. Bohannon RW, Crouch R. Minimal clinically important difference for change in 6-minute walk test distance of adults with pathology: a systematic review. *J Eval Clin Pract.* 2017;23(2):377-81. doi: <https://doi.org/10.1111/jep.12629>
33. Colberg SR, Sigal RJ, Yardley JE, Riddell MC, Dunstan DW, Dempsey PC, et al. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes Care.* 2016;39(11):2065-79. doi: <https://doi.org/10.2337/dc16-1728>

34. Ishiguro H, Kodama S, Horikawa C, Fujihara K, Hirose AS, Hirasawa R, et al. In search of the ideal resistance training program to improve glycemic control and its indication for patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2016;46(1):67-77. doi: <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0379-7>
35. Ribeiro AKPL, Carvalho JPR, Bento-Torres NVO. Physical exercise as treatment for adults with type 2 diabetes: a rapid review. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2023;14:1233906. doi: <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1233906>
36. Opazo-Díaz E, Montes-de-Oca-García A, Galán-Mercant A, Marín-Galindo A, Corral-Pérez J, Ponce-González JG. Characteristics of high-intensity interval training influence anthropometrics, glycemic control, and cardiorespiratory fitness in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Sports Med.* 2024;54(13):3127-49. doi: <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02114-0>
37. Wan Y, Su Z. The impact of resistance exercise training on glycemic control among adults with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Biol Res Nurs.* 2024;26(4):597-623. doi: <https://doi.org/10.1177/10998004241246>
38. Houmard JA, Tanner CJ, Slentz CA, Duscha BD, McCartney JS, Kraus WE. Effect of the volume and intensity of exercise training on insulin sensitivity. *J Appl Physiol.* 2004;96(1):101-6. doi: <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00707.2003>
39. Silva FM, Duarte-Mendes P, Teixeira AM, Soares CM, Ferreira JP. The effects of combined exercise training on glucose metabolism and inflammatory markers in sedentary adults: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep.* 2024;14(1):1936. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51832-y>
40. Lu Y, Baker JS, Ying S, Lu Y. Effects of practical models of low-volume high-intensity interval training on glycemic control and insulin resistance in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2025;16:1234567. doi: <https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1481200>

Recebido: 30/06/2025

Revisado: 05/09/2025

Aprovado: 08/12/2025

Editor ChefeRaphael Ritti-Dias Universidade Nove de Julho, São Paulo,
São Paulo, Brasil.**Editor Associado**Marília de Almeida Correia Universidade Nove de Julho, São Paulo,
São Paulo, Brasil.**Como citar este artigo:**

Danielevicz A, Leonel LS, Wolin LAV, Constantini MI, Benitez HO, Diesel M, Freitas CLR, Delevatti RS. Treinamento aquático versus terrestre na capacidade funcional e desfechos glicêmicos de pessoas com Diabetes Tipo 2: dados preliminares do Aquatic and Land Exercise for Diabetes – um ensaio clínico randomizado. *Rev. Bras. Ativ. Fis. Saúde.* 2026;31:e0429. doi: [10.12820/rbafs.30e0429](https://doi.org/10.12820/rbafs.30e0429)

Avaliação dos pareceristas

Os dois pareceres não foram autorizados para publicação pelos autores e/ou pareceristas.