

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE
DOUTORADO EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE

INFLUÊNCIA DA ACIDOSE NA FORÇA MUSCULAR E FATORES ASSOCIADOS À
PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA EM PACIENTES EM HEMODIÁLISE CRÔNICA:
ESTUDO TRANSVERSAL

PAULO SERGIO DA SILVA

JOINVILLE – SC

2025

PAULO SERGIO DA SILVA

INFLUÊNCIA DA ACIDOSE NA FORÇA MUSCULAR E FATORES ASSOCIADOS À
PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA EM PACIENTES EM HEMODIÁLISE CRÔNICA:
ESTUDO TRANSVERSAL

INFLUENCE OF ACIDOSIS ON MUSCLE STRENGTH AND FACTORS
ASSOCIATED WITH PHYSICAL ACTIVITY IN CHRONIC HEMODIALYSIS
PATIENTS: A CROSS-SECTIONAL STUDY

INFLUENCIA DE LA ACIDOSIS EN LA FUERZA MUSCULAR Y FACTORES
ASOCIADOS A LA PRÁCTICA DE ACTIVIDAD FÍSICA EN PACIENTES EN
HEMODIÁLISIS CRÓNICA: ESTUDIO TRANSVERSAL

Tese de Doutorado apresentada para
obtenção de título de Doutor em Saúde e
Meio Ambiente da Universidade da Região
de Joinville (Univille), sob orientação da
Professora Doutora Daniela Delwing de
Lima e coorientação do Professor Doutor
Helbert do Nascimento Lima.

JOINVILLE – SC

2025

Catálogo na publicação pela Biblioteca Universitária da Univille

S586i Silva, Paulo Sergio da
Influência da acidose na força muscular e fatores associados à prática de atividade física em pacientes em hemodiálise crônica: estudo transversal / Paulo Sergio da Silva; orientadora Dra. Daniela Delwing de Lima, coorientador Dr. Helbert do Nascimento Lima. – Joinville: Univille, 2025.

71 f.

Tese (Doutorado em Saúde e Meio Ambiente – Universidade da Região de Joinville)

1. Doença renal crônica. 2. Acidose. 3. Hemodiálise - pacientes. 4. Atividade física. I. Lima, Daniela Delwing de (orient.). II. Lima, Helbert do Nascimento. III. Título.

CDD 616.6107

Elaborada por Tatiane Cristina Gheno – CRB-14/1416

Termo de Aprovação

“Influência da Acidose na Força Muscular e Fatores Associados à Prática de Atividade Física em Pacientes em Hemodiálise Crônica: Estudo Transversal”

por

Paulo Sergio da Silva

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Daniela Delwing de Lima
Orientadora (UNIVILLE)

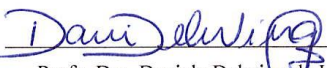
Prof. Dr. Helbert do Nascimento Lima
Coorientador (UNIVILLE)

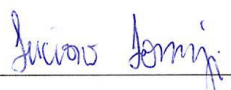
Prof. Dr. Alisson Padilha de Lima
(IELUSC)

Profa. Dra. Maria Eduarda de Lima
(UNISOCIESC)

Prof. Dr. Marcelo Pitombeira de Lacerda
(UNIVILLE)

Tese julgada para a obtenção do título de Doutor em Saúde e Meio Ambiente, área de concentração Saúde e Meio Ambiente e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente.


Profa. Dra. Daniela Delwing de Lima
Orientadora (UNIVILLE)


Prof. Dr. Luciano Lorenzi
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente

Joinville, 04 de julho de 2025

RESUMO

A doença renal crônica (DRC) é uma condição na qual os rins perdem gradualmente a capacidade funcional, podendo ser causada por várias patologias subjacentes. Os sintomas mais comuns são fadiga, inchaço, aumento da frequência urinária e complicações como hipertensão e anemia. Este estudo teve como objetivo compreender a influência da acidose na força muscular, os fatores bioquímicos associados à DRC e as barreiras apresentadas pelos pacientes na prática de atividade física. Trata-se de um estudo observacional, transversal, em DRC. A coleta de dados foi realizada na Fundação Pró-Rim, de Joinville, Santa Catarina, incluindo pacientes com idades entre 18 e 65 anos, de ambos os sexos, totalizando 118 pacientes, sendo separados em pacientes ativos fisicamente (PAF) e pacientes não ativos fisicamente (PNAF). Todos responderam a questionários sobre atividade física e possíveis barreiras para praticá-la regularmente. Realizaram teste de dinamometria para medir força muscular (FM) em músculos de membros superiores (MMSS) e o teste Sit-TO-STAND (STS) para medir FM em músculos de membros inferiores (MMII). As variáveis Kt/v, fósforo, albumina, PTH e hemoglobina foram retiradas do banco de dados da Fundação Pró-Rim de Joinville; e as análises de proteína C reativa e de gasometria sanguínea foram realizadas no Laboratório Gimenes na amostra sanguínea coletada no início da sessão de hemodiálise. Dos 107 pacientes incluídos no artigo sobre as barreiras encontradas, 17,8% eram PAF. Em comparação aos PNAF, os PAF eram mais jovens, majoritariamente homens, tinham menor tempo em diálise, maior prática prévia de AF, menores valores de Kt/V e maiores níveis de albumina e massa magra ($p < 0,05$). A principal barreira relatada foi o medo de prejudicar a fístula (46,7%). Entre os PNAF, destacaram-se cansaço, medo de se machucar e falta de condições financeiras ($p < 0,05$). Não houve diferença entre os grupos quanto ao conhecimento sobre atividade física. Para as análises bioquímicas no artigo 2, da amostra inicial de 102 pacientes, 90 foram incluídos (62,2% homens; idade média 48,8 anos). As comorbidades mais prevalentes foram hipertensão (84,4%) e diabetes (24,4%). A fístula arteriovenosa foi o principal acesso vascular (78,9%), e o tempo mediano em hemodiálise, de 63,1 meses (VIQ 25,0–113,7). Alterações de força em membros superiores e inferiores foram observadas em 26,7% dos pacientes. Comparados aos pacientes com perda de força (CPF), os pacientes sem perda de força (SPF) eram mais jovens ($p = 0,012$), apresentaram menor prevalência de hipertensão ($p = 0,047$), além de maiores valores de Kt/V ($p = 0,006$), albumina ($p = 0,006$) e GPI ($p = 0,040$). No caso da análise multivariada, e ao se considerar uma margem de diferença de 5%, apenas os parâmetros Kt/v e GPI foram incluídos na análise, entretanto não demonstraram significância estatística, embora tenham exibido um padrão sugestivo de proteção contra a perda de FM. Ainda, na análise bivariada, os valores de bicarbonato não foram associados com a perda de FM de forma bruta (*odds ratio* = 0,94; intervalo de confiança de 95% 0,79–1,13) ou após ajuste de forma bivariada para outras variáveis. Ficou evidente que a inatividade física nos DRC e o aumento da idade estão associados à perda de FM e massa muscular antes e ao longo das sessões de hemodiálise, contribuindo significativamente para a desmotivação e falta de adesão desses pacientes a um programa de AF regular, mesmo sabendo dos seus benefícios para melhorar a qualidade de vida e reduzir a incidência de morte.

Palavras-chave: doença renal crônica; barreiras; atividade física; parâmetros bioquímicos; acidose muscular.

ABSTRACT

Chronic Kidney Disease (CKD) is a condition in which the kidneys gradually lose their functional capacity, which can be caused by various underlying pathologies. The most common symptoms are fatigue, swelling, increased urinary frequency, and complications such as hypertension and anemia. This study aimed to understand the influence of acidosis on muscle strength, the biochemical factors associated with CKD, and the barriers patients face in practicing physical activity. This is an observational, cross-sectional study in CKD. Data collection was conducted at Fundação Pró-Rim in Joinville, Santa Catarina, including patients aged 18 to 65 of both sexes, totaling 118 patients, divided into Physically Active Patients (PAF) and Physically Non-Active Patients (PNAF). All participants completed questionnaires about physical activity and possible barriers to regular physical activity in dialysis patients, performed dynamometry tests to measure muscle strength (MS) in upper limb muscles, and the Sit-to-Stand (STS) test to assess muscle strength in lower limb muscles. Variables including Kt/V, phosphorus, albumin, PTH, and hemoglobin were obtained from the Fundação Pró-Rim database; CRP and blood gas analyses were performed at the Gimenes laboratory from blood samples collected at the beginning of the HD session. Of the 107 included patients, 17.8% were physically active (PAF). Compared to non-active patients (PNAF), PAF were younger, predominantly male, had shorter time on dialysis, higher previous physical activity, lower Kt/V values, and higher albumin and lean body mass ($p < 0.05$). The main reported barrier was fear of damaging the fistula (46.7%), while among PNAF, fatigue, fear of injury, and lack of financial resources were more frequent ($p < 0.05$). No differences were observed between groups regarding knowledge about physical activity. For biochemical analyses, from the initial sample of 102 patients, 90 were included (62.2% men; mean age 48.8 years). The most prevalent comorbidities were hypertension (84.4%) and diabetes (24.4%). Arteriovenous fistula was the main vascular access (78.9%), and the median hemodialysis duration was 63.1 months (IQR 25.0–113.7). Muscle strength alterations in upper and lower limbs were observed in 26.7% of patients. Compared to patients with strength loss (CPF), those without strength loss (SPF) were younger ($p = 0.012$), had lower prevalence of hypertension ($p = 0.047$), and higher Kt/V ($p = 0.006$), albumin ($p = 0.006$), and GPI values ($p = 0.040$). In multivariate analysis, considering a 5% margin of difference, only Kt/V and GPI were included, but they did not reach statistical significance, although they suggested a protective pattern against muscle strength loss. In bivariate analysis, bicarbonate levels were not associated with muscle strength loss, either in crude analysis (OR=0.94; 95% CI 0.79–1.13) or after adjustment for other variables. Physical inactivity and increasing age in CKD patients are associated with loss of muscle strength and mass before and during HD sessions, significantly contributing to demotivation and poor adherence to regular physical activity programs, even when patients are aware of their benefits in improving quality of life and reducing mortality.

Keywords: chronic kidney disease; barriers; physical activity; biochemical parameters; muscle acidosis.

RESUMEN

La Enfermedad Renal Crónica (ERC) es una condición en la cual los riñones pierden gradualmente su capacidad funcional, pudiendo ser causada por diversas patologías subyacentes. Los síntomas más comunes incluyen fatiga, edema, aumento de la frecuencia urinaria y complicaciones como hipertensión y anemia. Este estudio tiene como objetivos comprender la influencia de la acidosis en la fuerza muscular, los factores bioquímicos asociados a la ERC y las barreras presentadas por los pacientes en la práctica de actividad física. Se trata de un estudio observacional, transversal, en pacientes con ERC. La recolección de datos se realizó en la Fundación Pró-Rim de Joinville, Santa Catarina, incluyendo pacientes de 18 a 65 años de ambos sexos, totalizando 118 pacientes, divididos en Pacientes Activos Físicamente (PAF) y Pacientes No Activos Físicamente (PNAF). Todos respondieron cuestionarios sobre actividad física y posibles barreras para la práctica regular en pacientes en diálisis, realizaron pruebas de dinamometría para medir la fuerza muscular (FM) en miembros superiores y la prueba Sit-to-Stand (STS) para evaluar la fuerza en miembros inferiores. Las variables Kt/V, fósforo, albúmina, PTH y hemoglobina fueron obtenidas de la base de datos de la Fundación Pró-Rim; los análisis de PCR y gasometría sanguínea se realizaron en el laboratorio Gimenes a partir de muestras tomadas al inicio de la sesión de hemodiálisis. De los 107 pacientes incluidos, 17,8% eran físicamente activos (PAF). En comparación con los no activos (PNAF), los PAF eran más jóvenes, predominantemente hombres, con menor tiempo en diálisis, mayor práctica previa de actividad física, menores valores de Kt/V y mayores niveles de albúmina y masa magra ($p < 0,05$). La principal barrera reportada fue el miedo a dañar la fístula (46,7%), mientras que entre los PNAF destacaron fatiga, miedo a lesionarse y falta de recursos económicos ($p < 0,05$). No hubo diferencias entre los grupos en cuanto al conocimiento sobre actividad física. Para los análisis bioquímicos, de la muestra inicial de 102 pacientes, se incluyeron 90 (62,2% hombres; edad media 48,8 años). Las comorbilidades más prevalentes fueron hipertensión (84,4%) y diabetes (24,4%). La fístula arteriovenosa fue el principal acceso vascular (78,9%) y el tiempo mediano en hemodiálisis fue de 63,1 meses (RIQ 25,0–113,7). Alteraciones de fuerza en miembros superiores e inferiores se observaron en 26,7% de los pacientes. Comparados con los pacientes con pérdida de fuerza (CPF), los pacientes sin pérdida de fuerza (SPF) eran más jóvenes ($p = 0,012$), presentaron menor prevalencia de hipertensión ($p = 0,047$) y mayores valores de Kt/V ($p = 0,006$), albúmina ($p = 0,006$) y GPI ($p = 0,040$). En el análisis multivariado, considerando un margen de diferencia del 5%, solo se incluyeron Kt/V y GPI, pero no alcanzaron significancia estadística, aunque mostraron un patrón sugestivo de protección contra la pérdida de fuerza muscular. En el análisis bivariado, los niveles de bicarbonato no se asociaron con la pérdida de fuerza, ni en el análisis crudo (OR=0,94; IC 95% 0,79–1,13) ni tras ajuste por otras variables. La inactividad física y el aumento de la edad en pacientes con ERC se asocian con pérdida de fuerza y masa muscular antes y durante las sesiones de hemodiálisis, contribuyendo significativamente a la desmotivación y baja adherencia a programas de actividad física regular, incluso cuando los pacientes reconocen sus beneficios para mejorar la calidad de vida y reducir la mortalidad.

Palabras clave: enfermedad renal crónica; barreras; actividad física; parámetros bioquímicos; acidosis muscular.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por Sua infinita graça e misericórdia, que me sustentaram e guiaram durante toda esta jornada. Sem a Sua presença e bênçãos, essa conquista não teria sido possível. A Ele, toda a honra e glória.

Não poderia deixar de agradecer à minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo amor e apoio incondicional. Especialmente, agradeço à minha esposa Marilu B. Bonessi da Silva, sua paciência, compreensão e encorajamento durante todo esse processo. Marilu, suas palavras de incentivo e sua presença constante foram fundamentais para que eu pudesse perseverar e concluir essa etapa importante da minha vida.

Gostaria de expressar minha mais profunda gratidão à minha orientadora, Doutora Daniela Delwing de Lima, cuja orientação e suporte foram fundamentais para a realização desta tese. Sua dedicação, paciência e conhecimento foram inestimáveis ao longo desse processo. Doutora Daniela, sua habilidade em guiar-me pelos desafios acadêmicos e suas valiosas contribuições para o desenvolvimento deste trabalho são extremamente apreciadas. Muito obrigado por acreditar no meu potencial e por ser uma mentora excepcional.

Agradeço também ao Professor Doutor Helbert Lima, excelente nefrologista e coorientador desta tese, por seu incansável apoio e orientação. Sua expertise e conselhos foram essenciais para o aprimoramento deste estudo. Professor Helbert, sua disposição em compartilhar seu tempo e conhecimento contribuiu imensamente para o sucesso deste trabalho. Sou grato por sua coorientação e pelas valiosas discussões que tivemos ao longo dessa jornada.

Ao Laboratório Gimenes, na pessoa da Doutora Marineusa Gimenes, minha profunda gratidão por acreditar no potencial deste estudo. Seu entendimento de que a pesquisa é uma das ferramentas que Deus utiliza para ajudar a humanidade foi refletido no apoio essencial que proporcionou, financiando as análises clínicas ao longo de toda a pesquisa, aliado à dedicação incansável. Isso foi fundamental para o sucesso deste trabalho. A vocês, meu muito obrigado.

Registro também meus sinceros agradecimentos à Fundação Pró-Rim, representada pela Doutora Fabiana Nerbass, em razão do valioso auxílio na coleta de dados e da colaboração dos pacientes, do corpo clínico e de outros profissionais que, direta ou indiretamente, me levaram para a conclusão deste estudo. A UNIEDU, que

através da bolsa de estudo me possibilitou concluir esta etapa, onde a parte financeira é algo muito relevante para se fazer pesquisa em nosso país.

Estendo minha gratidão também à Univille, de maneira especial ao secretariado do curso de doutorado, pelo atendimento sempre profissional e cordial, oferecendo suporte e solucionando minhas dúvidas em diversos momentos.

Encerrando meus agradecimentos, dirijo-me aos meus colegas de turma, profissionais, conselheiros e tantos outros cujos nomes são numerosos para citar aqui. A todos, meu mais sincero e profundo agradecimento. Sem o suporte, a parceria e a contribuição de cada um de vocês, essa conquista não teria sido possível.

“Trabalhe duro, divirta-se e faça história.”

(Jeff Bezos)

LISTA DE ABREVIATURAS

CPF	Com perda de força
DRC	Doença renal crônica
FPP	Força de preensão palmar
FM	Força muscular
GDF-8	Fator de crescimento derivado de plaquetas 8
GPI	Ganho de peso interdialítico
HAS	Hipertensão arterial sistêmica
HD	Hemodiálise
IC95%	Intervalo de confiança de 95%
IRC	Insuficiência renal crônica
LTi	Lean Tissue Index (tecido livre de gordura)
OR	<i>Odds ratio</i>
PCR	Proteína C reativa
PCR-US	Proteína C reativa ultrassensível
PTH	Paratormônio
SCI	Skeletal Muscle Creatinine Index (<i>Index</i> de creatinina simplificada)
SPF	Sem perda de força
SST	<i>Sit-to-stand test</i>
TFG	Taxa de filtração glomerular
TGF- β	Fator de crescimento transformador beta
TRS	Tratamento renal substitutivo
VIQ	Variação interquartil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 FISIOLOGIA RENAL E ALTERAÇÕES NAS DOENÇAS RENAIS CRÔNICAS..	16
3.2 DOENÇAS RENAIS CRÔNICAS.....	17
3.3 ACIDOSE METABÓLICA E ALTERAÇÕES MUSCULARES NA DOENÇA RENAL CRÔNICA.....	18
3.4 TRATAMENTO DA ACIDOSE METABÓLICA.....	19
3.5 DINAPENIA E SARCOPENIA EM DOENÇAS RENAIS CRÔNICAS	20
3.5.1 Fatores bioquímicos associados às doenças renais crônicas	23
3.6 BENEFÍCIOS DA ATIVIDADE FÍSICA EM PACIENTES COM DOENÇAS RENAIS CRÔNICAS EM DIÁLISE	24
3.7 CONHECIMENTO, CRENÇAS E BARREIRAS RELACIONADOS À ATIVIDADE FÍSICA EM PACIENTES EM DIÁLISE	25
4 INTERDISCIPLINARIDADE.....	26
5 METODOLOGIA GERAL.....	27
5.1 DELINEAMENTO, LOCAL E AMOSTRAGEM	27
5.1.1 Variáveis coletadas e instrumentos utilizados	27
6 ARTIGO 1: FATORES E BARREIRAS RELACIONADOS À PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA DE PACIENTES EM HEMODIÁLISE CRÔNICA: ESTUDO TRANSVERSAL BASEADO EM UMA CLÍNICA DE DIÁLISE.....	32

	12
6.1 METODOLOGIA.....	32
6.1.1 Delineamento, local e amostragem.....	32
6.1.2 Variáveis coletadas e instrumentos utilizados	32
6.1.3 Análise estatística	34
6.2 RESULTADOS	35
6.3 DISCUSSÃO	38
6.4 CONCLUSÃO.....	40
 7 ARTIGO 2: ASSOCIAÇÃO DA ACIDOSE COM A PERDA DE FORÇA MUSCULAR EM PACIENTES EM HEMODIÁLISE CRÔNICA.....	 41
7.1 MÉTODO.....	41
7.1.1 Variáveis coletadas	41
7.1.2 Análise estatística	42
7.2 RESULTADOS	43
7.3 DISCUSSÃO	47
7.4 CONCLUSÃO.....	48
 CONSIDERAÇÕES FINAIS	 49
 REFERÊNCIAS.....	 50
 APÊNDICES	 61
APÊNDICE 1 TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	62
APÊNDICE 2 QUESTIONÁRIO REFERENTE À ADESÃO A EXERCÍCIOS FÍSICOS EM CASO DE DOENÇA RENAL CRÔNICA	65
APÊNDICE 3 VERSÃO BRASILEIRA DO GODIN-SHEPHARD LEISURE-TIME PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONNAIRE	67

1 INTRODUÇÃO

A doença renal crônica (DRC) é uma condição em que ocorre a perda da capacidade renal de efetuar suas funções normais (Murphy; Jha; Banerjee, 2023). Algumas patologias como diabetes e hipertensão, bem com o uso excessivo de medicamentos nefrotóxicos, condições estas cada vez mais prevalentes por causa do crescente envelhecimento populacional, têm contribuído para o aumento da DRC (Bortolotto, 2008).

Atualmente, a população brasileira é de 213,32 milhões de habitantes, e o número de indivíduos em tratamento renal substitutivo (TRS) aumentou de 45 mil em 2001 para cerca de 150 mil em 2020, conforme dados do último inquérito da Sociedade Brasileira de Nefrologia (*apud* Murphy; Jha; Banerjee, 2023). De todos os pacientes que fazem TRS, somente a hemodiálise (HD) corresponde a 96,8% (Murphy; Jha; Banerjee, 2023).

Considerando o alto percentual de pacientes em diálise, busca-se maior compreensão sobre esse tratamento e seus possíveis fatores associados, como a perda de força e perda de massa muscular (sarcopenia) (Gobbi; Zanotti, 2020). Fatores como idade avançada, má nutrição, *status* inflamatório, *status* urêmico, definido pela alteração de toxinas urêmicas, também têm sido associados ao maior risco de diapenia e sarcopenia nesses pacientes (Gobbi; Zanotti, 2020).

A acidose metabólica é uma complicação comum em pacientes com DRC, caracterizada pela redução da capacidade dos rins de excretar íons de hidrogênio e regenerar bicarbonato, resultando na diminuição do pH sanguíneo (Cardoso; Ferraz; Begni, 2021). Essa condição está frequentemente associada à diminuição do bicarbonato sérico (< 22 mEq/L) e contribui para diversas consequências clínicas, como perda de massa muscular, progressão da doença renal, alterações ósseas e maior risco cardiovascular (Cardoso; Ferraz; Begni, 2021). O manejo adequado da acidose metabólica pode ser benéfico e fundamental para melhorar o prognóstico e a qualidade de vida dos pacientes com DRC (Santos *et al.*, 2009).

Todavia, ainda pouco tem sido estudado sobre a alteração muscular com relação à acidose e sua associação com outras características nesses pacientes (Caso; Garlick, 2005). Além disso, as barreiras encontradas para a prática de atividade física e sua associação com a perda de função muscular ainda necessitam de maior

entendimento nessa população em tratamento dialítico, principalmente no contexto brasileiro.

A acidose metabólica em pacientes com DRC está associada a desequilíbrios nutricionais, inflamação sistêmica e perda de massa muscular, em função do aumento do catabolismo proteico e da ativação excessiva da via ubiquitina-proteassoma (Caso; Garlick, 2005; Noce *et al.*, 2021). Esses processos promovem complicações metabólicas, como perda de massa óssea, hiperfosfatemia e distúrbios endócrinos, que impactam negativamente o desempenho físico e a qualidade de vida (Oliveira *et al.*, 2015).

A prática de atividade física intensa pode intensificar a acidose muscular, aumentando a fadiga e limitando a funcionalidade (Pelicer *et al.*, 2011). Estratégias como reposição de bicarbonato de sódio e recuperação ativa têm mostrado potencial na mitigação desses efeitos (Rocha, 2009; Brito-Ashurst *et al.*, 2009). Compreender a interação entre nutrição, atividade física e alterações bioquímicas é essencial para melhorar o prognóstico e reduzir complicações em pacientes com DRC (Bortolotto, 2008; Nerbass *et al.*, 2023).

Entre as principais barreiras relatadas por pacientes em hemodiálise para a prática regular de atividade física, destacam-se as fadigas, as fraquezas musculares, as restrições nutricionais e hídricas, as complicações cardiovasculares, o descondicionamento físico, o medo de se machucar e a falta de orientação adequada por profissionais capacitados (Segura-Ortí, 2010; Nerbass *et al.*, 2022; Wilkinson *et al.*, 2025). Superar essas limitações e promover a adesão à atividade física de forma regular é fundamental, pois isso contribui para a melhora da função muscular, do perfil bioquímico e da qualidade de vida desses pacientes (Caso; Garlick, 2005).

A escrita da tese compreende a introdução do tema, os objetivos explorados, uma revisão bibliográfica abrangendo as questões de estudo e a interdisciplinaridade. Posteriormente, a metodologia geral e de cada estudo, os resultados e a discussão são apresentados separadamente no formato de dois artigos. O primeiro artigo é intitulado “Fatores e barreiras relacionados à prática de atividade física de pacientes em hemodiálise crônica: estudo transversal baseado em uma clínica de diálise”, e o segundo artigo, “Associação da acidose com a perda de força muscular em pacientes em hemodiálise crônica”.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a associação entre acidose metabólica e as alterações musculares, bem como os fatores relacionados à prática de atividade física, em pacientes em hemodiálise crônica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar as características clínicas e laboratoriais e seus fatores bioquímicos nos pacientes em HD com relação aos níveis de acidose e às alterações musculares;
- Avaliar a prevalência de atividade física e barreiras para sua prática em pacientes em HD;
- Avaliar se o valor de bicarbonato encontrado nas DRC, observado como fator protetivo, interfere na perda de massa muscular.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 FISIOLOGIA RENAL E ALTERAÇÕES NAS DOENÇAS RENAIS CRÔNICAS

Observando o funcionamento fisiológico renal, compreendemos de forma clara o funcionamento e a homeostase corporal, sendo os rins responsáveis por regular o equilíbrio hidroeletrolítico, o volume plasmático, a pressão arterial, a excreção de metabólitos e toxinas, bem como a produção de hormônios como eritropoetina e renina (Edwards; McDonough; Ellison, 2025). Cada rim contém aproximadamente um milhão de néfrons, que atuam como unidades funcionais encarregadas da filtração glomerular, reabsorção tubular e secreção de substâncias. A filtração ocorre no glomérulo, em que o plasma é filtrado sob pressão para o interior da cápsula de Bowman. Em seguida, o filtrado passa pelos túbulos renais, nos quais ocorre intensa reabsorção de água e solutos, bem como secreção de íons e resíduos, ajustando a composição final da urina (Jha *et al.*, 2013).

Além das funções excretoras, os rins têm papel essencial no controle do pH sanguíneo por meio da reabsorção de bicarbonato e excreção de íons hidrogênio, mecanismos especialmente relevantes em condições de acidose metabólica. Na DRC, essas funções são progressivamente comprometidas, levando à retenção de substâncias tóxicas, distúrbios ácido-base, alterações eletrolíticas e complicações sistêmicas, como anemia e disfunção cardiovascular (KDIGO Diabetes Work Group, 2022).

O entendimento dos mecanismos fisiológicos renais é, portanto, crucial para a abordagem clínica de diversas doenças, sobretudo em estágios mais avançados de insuficiência renal. Essas alterações contribuem para complicações sistêmicas, como disfunção cardiovascular, osteodistrofia renal, perda de massa muscular e redução da qualidade de vida. A compreensão dessas funções e dos mecanismos de descompensação se faz essencial para o manejo clínico adequado dos pacientes com DRC, mormente em estágios mais avançados, e daqueles submetidos à terapia dialítica (KDIGO Diabetes Work Group, 2021).

3.2 DOENÇAS RENAIIS CRÔNICAS

A DRC é caracterizada por alteração funcional ou estrutural renal por mais de três meses (Milik; Hryniewicz, 2014). Estima-se que cerca de 500 milhões de pessoas são portadoras de DRC e que aproximadamente 80% estão em países de baixa renda (Abensur, 2010; Marinho *et al.*, 2017).

Essa doença está associada sobretudo ao envelhecimento e a diversas patologias, como hipertensão arterial sistêmica (HAS), diabetes, uso sem controle de medicações que são metabolizadas nos rins, retenção de sódio e água, acúmulo de produtos nitrogenados, acidose metabólica, distúrbios eletrolíticos, anemia e alterações no metabolismo ósseo. Ainda, fatores socioeconômicos, principalmente os nutricionais, raciais e de gênero, são determinantes (Bastos; Bregman; Kirsztajn, 2010; Qiang *et al.*, 2011).

A função renal é medida pela taxa de filtração glomerular (TFG), e a sua diminuição é um dos critérios para definir a DRC. Pacientes com DRC e com TFG inferior a 15 mL/min/1,73 m² apresentam insuficiência renal (Bortolotto, 2008; Bastos; Bregman; Kirsztajn, 2010).

A detecção precoce e o tratamento adequado da DRC podem minimizar impactos da evolução e na qualidade de vida dos pacientes, conforme demonstrado em alguns estudos (Bastos; Bregman; Kirsztajn, 2010; Qiang *et al.*, 2011; Stanifer *et al.*, 2016).

Conforme a literatura, existem outros cuidados para evitar a progressão da DRC, de maneira especial com o controle nutricional (KDIGO Diabetes Work Group, 2021). Em pacientes dialíticos, a restrição de sódio também contribui para menor ganho interdialítico de peso e melhora no controle pressórico. Atividade física regular, melhora da qualidade alimentar e redução de gordura corporal ao longo da vida podem contribuir ainda mais para a qualidade de vida e, por conseguinte, reduzir a DRC, diminuindo a mortalidade de pessoas no mundo (Bortolotto, 2008; Silva *et al.*, 2010).

Ainda, a DRC causa complicações como anemia e acidose metabólica, presentes de forma progressiva ao longo da doença, bem como alterações metabólicas e desnutrição. Essas alterações comprometem o funcionamento renal levando muitos pacientes com DRC a evoluírem para insuficiência renal crônica (IRC) e TRS (Bastos; Bregman; Kirsztajn, 2010).

3.3 ACIDOSE METABÓLICA E ALTERAÇÕES MUSCULARES NA DOENÇA RENAL CRÔNICA

A acidose metabólica é frequente na DRC e ocorre em razão do desequilíbrio no pH sanguíneo, com aumento da concentração de íons hidrogênio. Essa condição resulta do excesso de ácidos não voláteis, perda de bicarbonato e redução da capacidade renal de reabsorver ou produzir bicarbonato, agravada por hipercalemia e disfunção tubular renal em termos fisiológicos, o equilíbrio do pH sanguíneo ocorre por meio de mecanismos pulmonares e renais (Pelicer *et al.*, 2011). O pulmão tem como função principal controlar o pH sanguíneo pela liberação de dióxido de carbono, que é ligeiramente ácido e consiste em um residual do metabolismo de oxigênio e nutrientes (Souza; Sacco; Zappa, 2008). O sangue transporta o dióxido de carbono até os pulmões, para ser eliminado, para impedir o acúmulo sanguíneo e diminuir o pH, que por sua vez aumenta a acidez (Souza; Sacco; Zappa, 2008). Os rins também têm a função de ajustar o pH sanguíneo mediante o controle da secreção e reabsorção de ácidos e bases, porém na IRC os rins perdem essa capacidade ou apresentam dificuldade (Kraut; Madias, 2016).

Com relação aos sintomas, a acidose metabólica fraca ou leve muitas vezes é assintomática, mas pode apresentar fadigas, náuseas ou vômitos, tornando a respiração mais profunda e mais rápida em uma tentativa de o corpo corrigir a acidose (Kraut; Kurtz, 2005). Quando esse processo se agrava, os sintomas intensificam-se, passando a sonolência, aumento da fraqueza, confusão mental, associados muitas vezes a náuseas. Em casos graves podem surgir problemas cardíacos e hipotensão, piorando o quadro clínico e podendo levar a pessoa a óbito (Mandel *et al.*, 2013).

Outro ponto importante a ser abordado é o efeito da acidose metabólica sobre a função muscular e possíveis complicações comuns na DRC, pois ela apresenta impacto direto sobre o tecido muscular esquelético, contribuindo para a sarcopenia (Nunes *et al.*, 2021). A presença de um ambiente ácido estimula a degradação proteica por meio da ativação da via ubiquitina-proteassoma, principal mecanismo de catabolismo muscular induzido por acidose (Yamamoto *et al.*, 2006). Esse processo é intensificado pela inibição da síntese proteica e pelo aumento da resistência anabólica ao hormônio do crescimento e à insulina (Ozen, 2004).

Além disso, a acidose induz estresse oxidativo e inflamação, o que prejudica ainda mais a regeneração e manutenção da massa muscular (Brito-Ashurst *et al.*, 2009). Esses efeitos comprometem a funcionalidade física dos pacientes em HD, reduzem sua capacidade de realizar atividades diárias e têm impacto negativo direto na qualidade de vida. O diagnóstico da acidose pode ser verificado por meio de exame sanguíneo, verificação dos níveis de bicarbonato ou reserva alcalina (Souza; Sacco; Zappa, 2008). A prevalência da acidose metabólica em DRC está estimada em 2,3%, compreendendo 13% dos indivíduos no estágio 3 e de 19 a 37% dos indivíduos no estágio 4 (Souza; Sacco; Zappa, 2008).

Outro ponto que deve ser observado diz respeito à HD e suas consequências musculares. Os doentes renais crônicos em HD com frequência apresentam redução da força muscular, da capacidade funcional e da mobilidade, fatores diretamente associados ao aumento da dependência, risco de quedas e menor qualidade de vida (Johansen *et al.*, 2003). A perda de massa muscular não se limita ao envelhecimento, mas é acelerada pela inatividade física e pelo desequilíbrio metabólico crônico desses pacientes. Fadiga, anorexia, acidose metabólica e comorbidades como diabetes e doenças cardiovasculares intensificam esse quadro (Segura-Ortí, 2010). Dessa forma, estratégias que visam à preservação da massa magra, como a otimização nutricional e a prática regular de atividade física adaptada, são fundamentais para minimizar os efeitos deletérios da HD sobre o sistema musculoesquelético e promover melhor prognóstico clínico e funcional (Wilkinson *et al.*, 2021).

3.4 TRATAMENTO DA ACIDOSE METABÓLICA

A correção da acidose metabólica se dá pela administração de bicarbonato, além do tratamento da causa base, quando possível. O bicarbonato de sódio merece destaque, uma vez que o pH basal é dependente do tamponamento obtido pelo sistema bicarbonato e ácido carbônico (Rocha, 2009).

Na fase pré-dialítica, a acidose metabólica está associada à evolução da DRC e redução muscular e óssea (Rezende *et al.*, 2017). Em pacientes com IRC em HD, o bicarbonato é fornecido durante a sessão de HD na solução de diálise (Rezende *et al.*, 2017).

As diretrizes para o tratamento de pacientes com DRC recomendam que o bicarbonato seja medido a cada seis (estágio 4) ou três meses (estágio 5) (Rezende *et al.*, 2017). O resultado de uma acidose descompensada pode comprometer e piorar a função renal. Portanto, a correção dessa acidose ocorre pelo bicarbonato, que deve ser mantido acima de 22 mEq/L, dosado em sangue venoso (Rocha, 2009; Brito-Ashurst *et al.*, 2009). No entanto, para pacientes em HD, não existe obrigatoriedade para controle dos níveis de bicarbonato. Assim, muitas clínicas não realizam tal controle de forma regular, ajustando a reposição de bicarbonato conforme a necessidade de cada paciente (Nunes *et al.*, 2021).

3.5 DINAPENIA E SARCOPENIA EM DOENÇAS RENAIS CRÔNICAS

A dinapenia e a sarcopenia, frequentes na DRC, envolvem a perda de força e massa muscular, comprometendo a funcionalidade e aumentando da morbimortalidade, influenciadas por inflamação, desnutrição e alterações metabólicas (Clark; Manini, 2008; Alexandre *et al.*, 2019). Na DRC, a sarcopenia é exacerbada pela acidose metabólica, que ativa a via ubiquitina-proteassoma, promovendo degradação proteica, enquanto a inflamação crônica e o estresse oxidativo contribuem para o aumento da resistência anabólica e prejuízos na síntese proteica (Wang; Mitch, 2014). Essas condições impactam severamente a qualidade de vida dos pacientes e estão associadas à maior morbidade e mortalidade, destacando a importância de estratégias integradas, como atividade física supervisionada e otimização nutricional, para a mitigação de seus efeitos (Wang; Mitch, 2014).

Um trabalho longitudinal mostrou que a força muscular (FM) em idosos pode estar comprometida e que o ganho muscular de forma isolada não apresenta efeito preventivo dessa força, podendo ocorrer declínio muscular funcional e também maior risco de morte (Johnson, 2008; Cruz-Jentoft; Sayer, 2019; Nishikawa *et al.*, 2021).

As alterações musculares para as DRC podem ser multifatoriais, podendo ser associadas às disfunções renais, por fatores como fraqueza muscular, miopatia urêmica, desregulação do metabolismo e minerais. Tais alterações contribuem para a dinapenia e a sarcopenia (Souweine *et al.*, 2021). Com relação às fraquezas musculares, observa-se que aproximadamente 150 toxinas urêmicas afetam o músculo esquelético, reforçando ainda mais a miopatia urêmica (Rocha, 2009).

A dinapenia apresenta prevalência maior nas mulheres quando avaliada por sexo – 41% em homens e 51% em mulheres. Também pode estar associada a fatores neurológicos (Clark; Manini, 2012). Dados mostram que déficit na ativação voluntária (sistema nervoso central) reduz impulsos excitatórios para neurônios motores inferiores, reduzindo a excitabilidade neuronal (Clark; Taylor, 2012). Já a FM em mulheres também é diminuída por causa de alguns fatores, como os hormonais, composição corporal e os neuroendócrinos (Clark; Taylor, 2012).

Já a sarcopenia é prevalente em pessoas idosas e tem como desfecho a fragilidade funcional e até mesmo a morte (Batsis; Villareal, 2018). Também está associada a fatores genéticos e ao estilo de vida (Cruz-Jentoft; Sayer, 2019). Acredita-se ainda que o processo inflamatório ocasionado por ela esteja associado com a síndrome metabólica, afetando assim diretamente a qualidade de vida das pessoas com DRC e contribuindo para o agravamento da doença (Nishikawa *et al.*, 2021).

Além da sarcopenia, um estudo revelou a obesidade sarcopênica, que é a perda de massa ou FM em obesos (Batsis; Villareal, 2018). Essa população tem crescido entre os pacientes com DRC, compreende 13% da população global e deve atingir cerca de 2,1 bilhões de pessoas até 2050 (Batsis; Villareal, 2018). Outra relação importante da obesidade sarcopênica está na produção elevada das espécies reativas de oxigênio, que estão associadas com a DRC (Stewart; Cutler; Rosen, 2009). Já o comprometimento da contração muscular está relacionado com a presença de gordura intramuscular, estresse oxidativo, citocinas inflamatórias, disfunção mitocondrial e sedentarismo (Nishikawa *et al.*, 2021).

O tratamento da sarcopenia tem se baseado nos treinamentos resistidos e auxiliado o ganho de força e massa muscular nos pacientes em HD (Giallauria *et al.*, 2015). Os treinamentos de força ou de resistência trazem benefícios importantes para os pacientes com sarcopenia, como a melhora da densidade óssea, redução de sintomas de osteoartrite, melhora da síntese proteica muscular, ganho de massa muscular, melhora da qualidade de vida e do sono (Giallauria *et al.*, 2015). Os exercícios resistidos em sarcopênicos auxiliam também no equilíbrio hormonal, minimizam o estresse oxidativo, induzem a síntese mitocondrial, alteram a função imunológica e melhoram a capacidade oxidativa muscular (Stewart; Cutler; Rosen, 2009).

A literatura mostra que pacientes com IRC têm relação importante com a sarcopenia, processo inflamatório causado pela liberação contínua de citocinas pró-inflamatórias. Os danos causados pelo estresse oxidativo ocasionam os distúrbios metabólicos, que induzem as insuficiências, que, por sua vez, levam à atrofia muscular associada à perda de força (Shu *et al.*, 2022). Apesar de a sarcopenia ser um mau prognóstico em pacientes com IRC, não se pode afirmar que ela seja a responsável pelas mortes desses pacientes, porém ela causa redução significativa na qualidade de vida daqueles com DRC e contribui para o aumento de risco cardiovascular (Souza *et al.*, 2015).

Os critérios de diagnóstico para as alterações musculares têm sido bastante variados. A sarcopenia está associada a pacientes mais idosos e a fatores nutricionais deficitários, bem como a resistência à insulina, presença de diabetes, desequilíbrio ácido-base e distúrbio eletrolítico. Já a dinapenia está associada a pacientes mais jovens e pode ser diagnosticada mediante avaliações funcionais, exames de imagem, avaliação clínica e laboratorial (Johansen *et al.*, 2003; Fahal, 2014).

Torna-se importante enfatizar que a dinapenia e a sarcopenia são doenças que podem agravar as situações clínicas dos pacientes e deteriorar as funções renais (Fahal, 2014). Corroborando com esse agravamento a geração descompensada de espécies reativas de oxigênio, que por sua vez potencializam o estresse oxidativo, contribuindo ainda mais com o envelhecimento (Leite *et al.*, 2012).

Igualmente, a literatura mostra que a perda de força e de massa muscular ocorre por causa da dificuldade que o paciente com DRC tem de regenerar a musculatura, pois o músculo nessa situação apresenta comprometimento regenerativo por falta de organização da matriz extracelular, na qual novos vasos sanguíneos são formados (Brito-Ashurst *et al.*, 2009).

É observado ainda na literatura que a miostatina, conhecida como fator de crescimento derivado de plaquetas 8 (GDF-8), e a activina A, reconhecida como fator de crescimento transformador beta (TGF- β), quando associadas, são responsáveis pelo crescimento e degradação muscular, que em caso de DRC estão desregulados por vários fatores, entre eles processos inflamatórios, acidose muscular, disfunção hormonal e disfunção metabólica, causando assim perda exacerbada de massa e FM (Souza *et al.*, 2015).

Assim, a descoberta sobre o aumento de miostatina suprime a síntese proteica, inibindo a função das células satélites e contribuindo para a perda de FM (Cheema *et al.*, 2007). Logo, esse processo de inibição da miostatina parece ser o caminho para minimizar a perda de massa e FM, pela abordagem terapêutica em DRC. Estudos vêm sendo desenvolvidos para reduzir o impacto da sarcopenia, porém seu tratamento terapêutico ainda resulta em efeitos adversos inesperados (Milik; Hryniewicz, 2014).

Além dessa abordagem terapêutica sobre o cuidado com a redução sarcopênica, descobertas importantes sobre o *klotho* circulante (proteína antienvhecimento produzida pelos rins capaz de inibir a acidose metabólica) mostram que suplementação e realização de exercícios em pacientes com DRC avançados podem aumentar a produção dessa proteína, melhorando a função muscular (Qiang *et al.*, 2011).

3.5.1 Fatores bioquímicos associados às doenças renais crônicas

As alterações bioquímicas em pacientes com DRC podem ser diversas, por causa da disfunção renal progressiva, com possibilidade de desequilíbrio de eletrólitos, de fatores metabólicos e hormonais (Gorriz *et al.*, 2015; Neves *et al.*, 2021).

Alguns parâmetros bioquímicos alterados nas DRC são a creatinina e a ureia, as quais são resíduos metabólicos; o potássio, que pode causar hipercalemia; o fósforo e o cálcio, ambos essenciais para a produção de vitamina D; o ácido úrico, que pode levar à hiperuricemia; e o bicarbonato, que em função de sua reabsorção reduzida pode ocasionar a acidose metabólica.

Por sua vez, a albumina é uma proteína pouco filtrada pelos rins, e sua presença na urina pode indicar lesão renal. Já a hemoglobina consiste em uma proteína encontrada nos glóbulos vermelhos do sangue e é responsável por transportar oxigênio para os tecidos. Em caso de DRC, os rins não funcionam adequadamente para produzir o hormônio eritropoietina, que estimula a produção de glóbulos vermelhos na medula óssea. Dessa forma, pode levar à anemia renal, caracterizada pela redução dos níveis de hemoglobina no sangue. Esses fatores interferem de modo severo na perda de massa muscular e podem ser analisados por intermédio de exames laboratoriais (Neves *et al.*, 2021).

3.6 BENEFÍCIOS DA ATIVIDADE FÍSICA EM PACIENTES COM DOENÇAS RENAIS CRÔNICAS EM DIÁLISE

O nível de atividade física realizada por pacientes com DRC pode variar de acordo com o estado desses pacientes, porém estudos mostram que o nível de exercício é baixo por causa de vários fatores relacionados ao estado físico, o qual envolve fadiga muscular (Bastos; Bregman; Kirsztajn, 2010; Stanifer *et al.*, 2016). A atividade física é recomendada, uma vez que auxilia no controle da pressão arterial, na diminuição de risco cardiovascular, na minimização da atrofia muscular, entre outros, contudo a prática regular tem demonstrado benefícios significativos para pacientes com DRC, contribuindo para melhorias na saúde física, metabólica e psicossocial. Nos pacientes em HD, a atividade física promove aumento da força muscular, melhora da capacidade funcional e redução da sarcopenia, condições frequentemente associadas ao catabolismo exacerbado e à inatividade física (Heiwe; Jacobson, 2014).

Exercícios de baixo impacto são recomendados, pois os riscos de causar qualquer dano à saúde de pacientes com DRC são minimizados, contribuindo para o aumento da resistência cardiorrespiratória e redução do peso corporal (Villanego *et al.*, 2020). Outro fator que colabora são as intervenções que combinam exercícios aeróbicos e resistidos, mostrando resultados promissores na preservação da massa magra e na melhora da qualidade de vida, reduzindo sintomas como fadiga e depressão, que são comuns nesses pacientes (Segura-Ortí, 2010). Assim, a inserção de programas de exercício supervisionado e adaptado às condições clínicas do paciente renal, passando por uma boa orientação por profissionais especializados, representa uma abordagem eficaz e segura para mitigar os impactos sistêmicos da DRC e melhorar seu prognóstico geral (Wilkinson *et al.*, 2025).

Com relação aos parâmetros bioquímicos, a atividade física pode trazer muitos benefícios para pacientes com DRC, uma vez que a prática regular de exercícios pode regular e reduzir os níveis de creatinina e ureia sanguíneos, de potássio, pela translocação celular; de fósforo e cálcio, mantendo a saúde óssea por intermédio do paratormônio; de ácido úrico; e, por fim, de bicarbonato, que quando produzido auxilia no combate à acidose metabólica (Villanego *et al.*, 2020).

3.7 CONHECIMENTO, CRENÇAS E BARREIRAS RELACIONADOS À ATIVIDADE FÍSICA EM PACIENTES EM DIÁLISE

Pacientes em HD enfrentam barreiras significativas para a adesão à prática de atividade física, influenciadas por fatores físicos, psicológicos, sociais e ambientais. Entre as barreiras mais reportadas, estão a fadiga crônica e a fraqueza muscular, frequentemente associadas à síndrome urêmica, anemia e perda de massa muscular, que reduzem a capacidade funcional desses pacientes (Delgado; Johansen, 2012; Socoloski *et al.*, 2021). Além disso, barreiras psicológicas, como depressão, ansiedade e medo de lesões ou agravamento da condição, são amplamente prevalentes (Cheema *et al.*, 2007). Fatores sociais, como falta de suporte familiar e limitações financeiras, bem como barreiras ambientais, incluindo dificuldade de acesso a instalações apropriadas para exercícios, também contribuem para a baixa adesão (Segura-Orti; Koufaki; Kouidi, 2021).

Adicionalmente, o tempo limitado entre sessões de diálise e atividades diárias cria um obstáculo logístico para a incorporação de programas regulares de atividade física. Estratégias para superar essas barreiras incluem intervenções multidisciplinares, educação em saúde, suporte psicológico e integração de exercícios leves durante ou após as sessões de HD, aumentando a adesão e os benefícios relacionados à qualidade de vida e à saúde geral.

A realização de atividade física em caso de DRC pode não estar completamente esclarecida, porém a cada estudo publicado sobre a temática são observados seus benefícios, ressaltados principalmente pelos profissionais da saúde, incluindo a melhoria das capacidades funcionais, diminuindo assim o risco de óbito por DRC (Coelho *et al.*, 2008; Greenwood *et al.*, 2019). Acredita-se ainda que o entendimento dos benefícios da atividade física em caso de DRC seja fundamental para desenvolver boas estratégias de intervenção.

Os programas de exercício supervisionados podem fornecer informações adequadas, demonstrar os benefícios da atividade física, trazer apoio emocional aos participantes e desmistificar algumas barreiras percebidas por pacientes com DRC e, assim, melhorar a adesão à atividade física (Ji, 1999; Greenwood *et al.*, 2019; Wilkinson *et al.*, 2025).

4 INTERDISCIPLINARIDADE

No que toca à interdisciplinaridade neste estudo, é importante considerar como diversos fatores ambientais podem impactar a saúde renal e, por sua vez, como as condições de saúde podem afetar o ambiente em que vivemos e ser afetadas por ele. Por exemplo, a poluição do ar e da água, a exposição a produtos químicos tóxicos, a qualidade dos alimentos e a disponibilidade de recursos naturais podem influenciar diretamente a incidência e a gravidade de doenças renais (Martins *et al.*, 2023).

A agricultura moderna, embora tenha trazido avanços significativos na produção de alimentos, também tem levantado preocupações sobre os efeitos nocivos dos agrotóxicos na saúde humana. Os agrotóxicos são substâncias químicas amplamente utilizadas na agricultura para controlar pragas, ervas daninhas e doenças nas plantações, no entanto muitos desses produtos químicos podem persistir no meio ambiente e contaminar o solo, a água e os alimentos. Quando os seres humanos entram em contato com os agrotóxicos, seja por meio da ingestão de alimentos contaminados, seja pela inalação de aerossóis, seja pelo contato direto com a pele, eles estão sujeitos a uma série de riscos à saúde, incluindo danos renais (Martins *et al.*, 2023).

Além disso, a interdisciplinaridade abrange a colaboração entre diferentes campos de estudo, como medicina, enfermagem, ecologia, epidemiologia, educação física, ciências sociais e políticas públicas. Essa abordagem holística permite uma compreensão mais abrangente dos fatores que contribuem para a saúde e a doença, bem como o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de prevenção e intervenção para a melhora da qualidade de vida dos indivíduos e para evitar gastos excessivos com a saúde de pacientes com DRC (Santos *et al.*, 2008).

Ao unir conhecimentos e práticas de várias disciplinas, os pesquisadores e profissionais da saúde, como, por exemplo, profissional de Educação Física, podem identificar padrões, estabelecer conexões e propor soluções mais completas e sustentáveis para melhorar a saúde dos pacientes com DRC e promover o bem-estar geral das comunidades. Essa abordagem interdisciplinar é essencial para enfrentar os desafios complexos que surgem na interface entre saúde e meio ambiente, garantindo assim um futuro mais saudável e sustentável para todos, além de minimizar custos para o governo (Dipp *et al.*, 2013).

5 METODOLOGIA GERAL

5.1 DELINEAMENTO, LOCAL E AMOSTRAGEM

Esta tese constitui-se de dois estudos observacionais, transversais, descritivos e analíticos realizados em uma clínica de diálise em Joinville, Santa Catarina, Brasil, entre março e julho de 2023. O estudo englobou uma amostra não probabilística composta de pacientes com DRC em estágio final submetidos à terapia hemodialítica crônica.

Foram selecionados no primeiro estudo 118 pacientes, todos com idade entre 18 e 65 anos, faixa etária escolhida em razão da menor probabilidade de complicações osteomusculares e da maior prevalência de indivíduos em HD com potencial para prática de atividade física.

Os critérios de inclusão para os dois estudos contemplaram pacientes com tempo de HD ≥ 3 meses, sem internações hospitalares nos últimos 30 dias e com diurese residual ≤ 500 mL/24 h.

Os critérios de exclusão para ambos os estudos abrangeram pacientes com ganho de peso interdialítico (GPI) $< 1\%$, aqueles que alteraram o método dialítico durante o período do estudo, os que apresentavam limitações físicas (como amputações que inviabilizassem testes de avaliação muscular), alterações cognitivas, ou diagnóstico de demência documentado.

Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, com aprovação do Comitê de Ética da Universidade da Região de Joinville (Certificado de Apresentação de Apreciação Ética nº 65523922.9.0000.5366).

5.1.1 Variáveis coletadas e instrumentos utilizados

Para o estudo 1, intitulado “Fatores e barreiras relacionados à prática de atividade física de pacientes em hemodiálise crônica: estudo transversal baseado em uma clínica de diálise”, foram coletadas informações sobre as principais barreiras enfrentadas por pacientes com DRC em tratamento hemodialítico em relação à prática de atividade física durante seu tempo livre.

Para isso, foi utilizado um questionário desenvolvido pelos próprios autores, fundamentado nos estudos de Delgado e Johansen (2012) e Socoloski *et al.* (2021).

O questionário (Quadro Suplementar 1) procurou avaliar 14 possíveis barreiras (questão 1–14) e conhecimentos relacionados à atividade física (questões 15–17). As respostas ao questionário foram registradas em modelo Likert, sendo as três primeiras opções (discordo fortemente, discordo ou neutro) categorizadas como “não”, e as duas outras opções (concordo, concordo fortemente) categorizadas como “sim”.

Para avaliar a intensidade da atividade física, aplicou-se o instrumento Godin Leisure-Time Exercise Questionnaire (São-João *et al.*, 2013), que avaliou a intensidade de atividade física em um período de sete dias habituais, por pelo menos 15 minutos diários. Com base no número de vezes informado para cada tipo de atividade, multiplicou-se por 9 para atividades físicas vigorosas, 5 para atividades físicas moderadas e 3 para atividades físicas leves. A soma final de cada componente permitiu estimar o coeficiente metabólico de esforço (*metabolic equivalent of task*) (Rosa *et al.*, 2015). Assim, o escore ≥ 24 foi considerado como atividade física intensa, de 14 a 23 atividade física moderada e ≤ 14 atividade física insuficiente ou sedentarismo (Amireault; Godin, 2015). Todos os questionários foram aplicados uma única vez pelo próprio pesquisador durante uma sessão de HD.

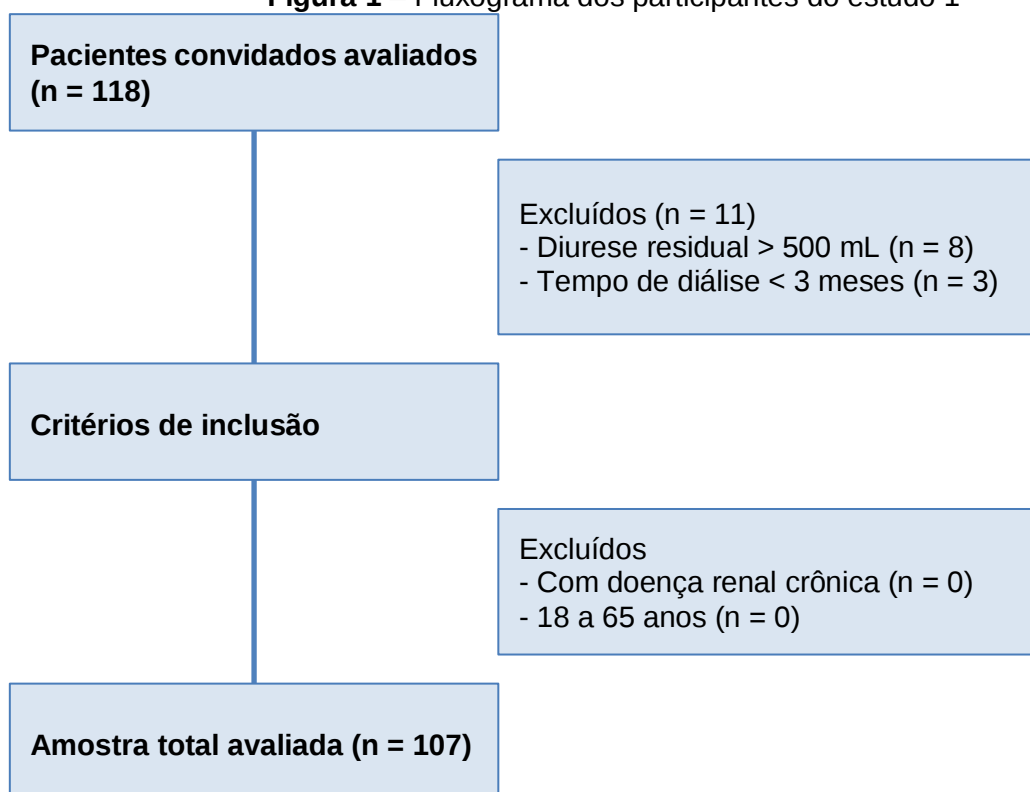
Para avaliar a FM de membros superiores, foi considerada a força de preensão palmar (FPP) (Schlüssel; Anjos; Kac, 2008). Para avaliar a FM de membros inferiores, utilizou-se o teste *sit-to-stand* (SST) (Crook *et al.*, 2017). Ambos foram realizados logo após a sessão de HD dos pacientes.

Para o teste de FPP, utilizou-se um instrumento de dinamômetro de mão analógico da marca Jamar, e a avaliação foi realizada por meio da medida em quilograma – máximo de 100 quilogramas-força (kgf) –, em estrutura metálica e pegador anatômico, de fácil leitura, com o ponteiro permanecendo no seu máximo valor durante o teste. O paciente, em posição sentado, puxa a alça ou alavanca do dinamômetro, mantendo a tensão por 2 segundos aproximadamente. Esse processo foi realizado por três vezes de forma bilateral, sendo anotado o maior resultado. Os valores definidos como baixos para FM dos membros superiores foram considerados com base no sexo e na faixa etária, de acordo com valores obtidos da população brasileira (Schlüssel; Anjos; Kac, 2008; Pinto *et al.*, 2015; Crook *et al.*, 2017).

Já para o SST, solicitou-se que o paciente se sentasse e se levantasse sem apoiar os braços durante 30 segundos, partindo da posição sentada, e o número de repetições completas foi considerado para as análises (Crook *et al.*, 2017).

Além dessas variáveis, foram consideradas as médias dos valores de Kt/v, fósforo, albumina dos últimos três meses, bem como valores de paratormônio (PTH), coletados pelo próprio centro de tratamento, antes de uma sessão de HD. Os valores de proteína C reativa ultrasensível (PCR-US) e bicarbonato também foram coletados pré-diálise no mesmo período do estudo, sendo analisados em laboratório de apoio por método de imunoturbidimetria e pela técnica potenciométrica, respectivamente.

Figura 1 – Fluxograma dos participantes do estudo 1



Fonte: primária.

O segundo estudo, intitulado “Associação da acidose com a perda de força muscular em pacientes em hemodiálise crônica”, avaliou 102 pacientes dos 118 incluídos no primeiro estudo. As inclusões e exclusões seguiram a mesma metodologia citada no artigo 1 (Critical Care, 2011).

Variáveis bioquímicas coletadas nesse segundo artigo foram sexo, idade, comorbidades (hipertensão arterial, diabetes, acidente vascular cerebral, tipo de acesso vascular, tempo de HD e índice de massa corporal). Também se consideraram a média dos últimos dois valores da adequação da diálise (Kt/V), fósforo, albumina,

PTH, hemoglobina e GPI referentes aos meses corrente e anterior da realização do estudo.

Avaliou-se o *index* de creatinina simplificada (SCI, *simplified creatinine index*) como um marcador de massa muscular, definido como a taxa normalizada da produção endógena de creatinina levando-se em conta a depuração renal residual e dialisada, por meio da fórmula de Canaud¹ (2021). Já o *index* massa magra (LTI, *lean tissue index*) foi estimado por intermédio da fórmula de Canaud *et al.*² (2014).

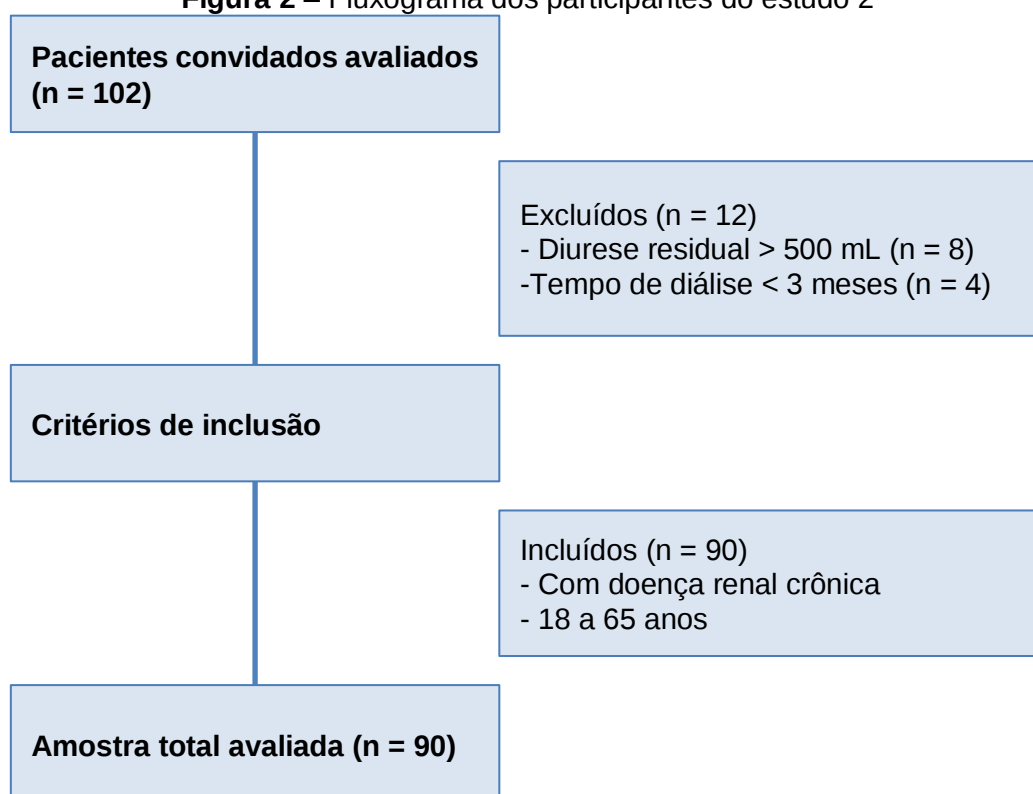
As análises de proteína C reativa (PCR) e gasometria sanguínea, para avaliação dos níveis de bicarbonato, foram realizadas em amostras de sangue colhidas no início da sessão de HD diretamente do acesso vascular para o procedimento dialítico, as quais foram posteriormente processadas em um laboratório de apoio na mesma cidade. No que tange à avaliação dos marcadores inflamatórios, a dosagem de PCR foi conduzida por meio do ensaio Multigent PCR, um imunoensaio de látex concebido para a mensuração precisa e reprodutível dos níveis sanguíneos de PCR em soro e plasma. Adicionalmente, a dosagem de bicarbonato foi realizada empregando-se o sistema GEM Premier 3000, o qual possibilita a medição do bicarbonato sanguíneo pela gasometria.

Para avaliação de FM tanto de membros superiores como de membros inferiores, utilizaram-se os mesmos testes FPP e SST e instrumentos já descritos no artigo 1.

¹ SCI (mg/kg/dia) = 16:21 + 1:12 * [1 se homem; 0 se mulher] - 0:06.

*idade (em anos) - 0:08 * spKt/V ureia + 0:009 * pré-diálise SCr (lmol/L).

² LTI estimada (mg/m²) = (SCI + peso pós-HD (kg) * 0:029 + 7:38)/(peso corporal (m))².

Figura 2 – Fluxograma dos participantes do estudo 2

Fonte: primária.

6 ARTIGO 1: FATORES E BARREIRAS RELACIONADOS À PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA DE PACIENTES EM HEMODIÁLISE CRÔNICA: ESTUDO TRANSVERSAL BASEADO EM UMA CLÍNICA DE DIÁLISE

6.1 METODOLOGIA

6.1.1 Delineamento, local e amostragem

Trata-se de um estudo observacional, transversal, descritivo e analítico constituído de uma amostra não probabilística de 118 pacientes com DRC estágio final em terapia hemodialítica crônica de uma clínica de diálise de Joinville, Santa Catarina, Brasil. Incluíram-se no estudo aqueles pacientes em terapia hemodialítica crônica de março a julho de 2023 e com idade entre 18 e 65 anos. A faixa etária definida teve como objetivo avaliar os pacientes com menor chance de complicações osteomusculares associadas ou não a DRC, ou seja, a população com maior prevalência em HD e com maior chance para atividade física.

Consideraram-se como critério de inclusão os pacientes com tempo de terapia em HD igual ou maior que três meses e sem internação hospitalar nos últimos 30 dias. Excluíram-se pacientes com diurese residual > 500 mL/24 h (para permitir medida do *index* de creatinina simplificado) (Abensur; Araújo, 2000), bem como os pacientes que mudaram de método dialítico durante a pesquisa, que apresentavam limitações físicas, amputação de membros que impossibilitasse a realização dos testes de avaliação muscular e alterações cognitivas ou diagnóstico prévio de quadro demencial documentado pela própria instituição.

Todos os participantes preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, e o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade da Região de Joinville (Certificado de Apresentação de Apreciação Ética nº 65523922.9.0000.5366).

6.1.2 Variáveis coletadas e instrumentos utilizados

Para investigar as principais barreiras enfrentadas por pacientes com DRC em tratamento hemodialítico em relação à prática de atividade física em seu tempo livre, foi utilizado um questionário desenvolvido pelos próprios autores, fundamentado nos

estudos de Delgado e Johansen (2012) e Socoloski *et al.* (2021). O questionário (Quadro Suplementar 1) procurou avaliar 14 possíveis barreiras (questão 1–14) e conhecimentos relacionados à atividade física (questões 15–17). As respostas ao questionário foram registradas em modelo Likert, sendo as três primeiras opções (discordo fortemente, discordo ou neutro) categorizadas como “não”, e as duas outras opções (concordo, concordo fortemente) categorizadas como “sim”.

Para avaliar a intensidade da atividade física, aplicou-se o instrumento Godin Leisure-Time Exercise Questionnaire (São-João *et al.*, 2013), que avaliou a intensidade de atividade física em um período de sete dias habituais, por pelo menos 15 minutos diários. Com base no número de vezes informado para cada tipo de atividade, multiplicou-se por 9 para atividades físicas vigorosas, 5 para atividades físicas moderadas e 3 para atividades físicas leves. A soma final de cada componente permitiu estimar o coeficiente metabólico de esforço (metabolic equivalent of task) (Rosa *et al.*, 2015). Assim, o escore ≥ 24 foi considerado como atividade física intensa, de 14 a 23 atividade física moderada e ≤ 14 atividade física insuficiente ou sedentarismo (Amireault; Godin, 2015). Todos os questionários foram aplicados uma única vez pelo próprio pesquisador durante uma sessão de HD.

Para avaliar a FM de membros superiores, foi considerada a FPP (Schlüssel; Anjos; Kac, 2008). Para avaliar a FM de membros inferiores, utilizou-se o teste SST (Crook *et al.*, 2017). Ambos foram realizados logo após a sessão de HD dos pacientes.

Para o teste de FPP, utilizou-se um instrumento de dinamômetro de mão analógico da marca Jamar, e a avaliação foi realizada por meio da medida em quilograma – máximo de 100 kgf –, em estrutura metálica e pegador anatômico, de fácil leitura, com o ponteiro permanecendo no seu máximo valor durante o teste. O paciente, em posição sentado, puxa a alça ou alavanca do dinamômetro, mantendo a tensão por 2 segundos aproximadamente. Esse processo foi realizado por três vezes de forma bilateral, sendo anotado o maior resultado. Os valores definidos como baixos para FM dos membros superiores foram considerados com base no sexo e na faixa etária, de acordo com valores obtidos da população brasileira (Schlüssel; Anjos; Kac, 2008; Pinto *et al.*, 2015; Crook *et al.*, 2017).

Já para o SST, solicitou-se que o paciente se sentasse e se levantasse sem apoiar os braços durante 30 segundos, partindo da posição sentada, e o número de repetições completas foi considerado para as análises (Crook *et al.*, 2017).

Além dessas variáveis, foram consideradas as médias dos valores de Kt/v, fósforo, albumina e PTH dos últimos três meses, coletados mensalmente pelo próprio centro de tratamento, antes de uma sessão de HD. Os valores de PCR-US e bicarbonato também foram coletados pré-diálise no mesmo período do estudo, sendo analisados em laboratório de apoio por método de imunoturbidimetria e pela técnica potenciométrica, respectivamente.

6.1.3 Análise estatística

As variáveis categóricas são apresentadas por sua frequência e porcentagem, e as variáveis numéricas, por sua média e desvio padrão ou mediana e variação interquartil. Definiram-se pacientes ativos fisicamente (PAF) aqueles com nível de intensidade de atividade física de Godin Leisure-Time Exercise Questionnaire acima de 14, e os pacientes não ativos fisicamente (PNAF) aqueles com escore menor ou igual a 14.

Utilizou-se o teste χ^2 para comparar as variáveis categóricas e o teste de Mann-Whitney para comparar as médias das variáveis quantitativas, após verificação de sua normalidade pelo teste Kolmogorov-Smirnov, entre os PAF e PNAF. Foram definidos como valores de dinamometria alterados aqueles pacientes com medidas inferiores ao percentil 50 ajustado para idade e sexo, conforme população de referência (Pinto *et al.*, 2015). Estabeleceram-se como presença de força alterada todos os pacientes com valores de dinamometria inferiores ao percentil 50, ajustado para sexo e faixa etária, e SST em 30 segundos menor do que a mediana encontrada na amostra por sexo (< 10 para mulheres ou < 11 para homens). Comparou-se a prevalência de cada uma das barreiras entre cada grupo pelo teste χ^2 ou teste exato de Fisher.

Posteriormente, buscou-se analisar as variáveis associadas com a inatividade física de forma univariada por regressão logística. Nessa análise, a presença de barreiras para atividade física foi considerada como uma variável contínua, sendo analisada pelo somatório das 14 barreiras reportadas pelos pacientes. Todas as variáveis associadas com o desfecho $p < 0,100$ foram consideradas no modelo multivariado, mantendo-se fixos sexo e idade. Considerou-se $p < 0,05$ como significativo. As análises foram realizadas pelo *software* de estatística IBM Statistical Package for the Social Sciences versão 27.

6.2 RESULTADOS

Da amostra inicial de 118 pacientes, 11 (9,4%) foram excluídos. Dos 107 pacientes que compuseram a amostra final, 19 (17,8%) eram PAF. A mediana da idade da amostra total foi 50 anos, sendo 64,5% do sexo masculino. A comorbidade mais prevalente foi a hipertensão arterial sistêmica (78,7%), e a mediana do tempo em tratamento dialítico, 71,1 meses. Quando estratificada a amostra pela presença de atividade física regular, os PAF, comparados aos PNAF, eram mais jovens (mediana 49 vs. 52 anos; $p = 0,001$), e viram-se maior prevalência de homens (84,2 vs. 60,2%; $p = 0,039$), menor tempo em tratamento dialítico (44,9 vs. 70,2 meses; $p = 0,005$) e maior prevalência da prática de atividade física antes do início do tratamento crônico de HD (84,2 vs. 55,7%; $p = 0,017$). Além disso, PAF comparado aos PNAF apresentaram menores valores médios de Kt/V (1,2 vs. 1,4; $p = 0,001$) e maiores valores da mediana da albumina (4,3 vs. 4,1 mg/dL; $p = 0,018$) e massa magra (17,1 vs. 16,0 mg/m²; $p = 0,018$). Demais características estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Características gerais da amostra

	Amostra total N = 107		Não ativo fisicamente N = 88 (82,2%)		Ativo fisicamente N = 19 (17,8%)		Valor p
Idade (anos); mediana (VIQ)	50,0	(44/58)	52,0	(46/60)	44,0	(30/51)	0,001
Sexo (masculino); total (%)	69	(64,5%)	53	(60,2%)	16	(84,2%)	0,039
Comorbidades (sim); total (%)							
Diabetes (n = 99)	24	(24,2%)	24	(27,3%)	3	(15,8%)	0,230
Hipertensão	85	(78,7%)	70	(79,5%)	15	(78,9%)	0,585
Tipo de acesso vascular (total) (%)							0,415
Fístula	85	(79,4%)	69	(78,4%)	16	(84,2%)	
Cateter	22	(20,6%)	19	(21,6%)	3	(15,8%)	
Turno de HD (total) (%)							0,096
Manhã	46	(43,0%)	40	(45,5%)	6	(31,6%)	
Tarde	34	(31,8%)	24	(27,3%)	10	(52,6%)	
Noite	27	(25,2%)	24	(27,3%)	3	(15,8%)	
Tempo em HD (meses); mediana (VIQ)	71,1	(26,7/133,7)	70,2	(28,8/132,7)	44,9	(14,7/102,2)	0,005
Fazia atividade física antes de iniciar HD (sim); total (%)	65	(60,7%)	49	(55,7%)	16	(84,2%)	0,017
Intensidade atividade física*							
Insuficientemente ativo/sedentário	88	(82,2%)					
Moderadamente ativo	11	(10,3%)					
Ativo	8	(7,5%)					
Kt/v ($\pm$ DP); (n = 98)	1,4	($\pm$ 0,3)	1,4	($\pm$ 0,3)	1,2	($\pm$ 0,4)	0,001
Fósforo (mg/dL); mediana (VIQ)	5,6	4,6/6,6)	5,5	(4,5/6,6)	5,6	(4,4/6,3)	0,496
Albumina (mg/dL); mediana (VIQ)	4,1	(3,9/4,4)	4,1	(3,9/4,3)	4,3	(4,1/4,6)	0,018
PTH (pg/mL); mediana (VIQ)	331,7	(182,9/683,6)	403,0	(207,4/829,2)	302,0	(184,6/407,3)	0,275
Hemoglobina (g/dL), média (DP)	11,1	(9,9/12,3)	11,2	(10,2/12,5)	11,0	(10,4/12,7)	0,565
PCR-US (mg/L); mediana (VIQ)	0,38	(0,21/1,1)	0,45	(0,2/1,4)	0,36	(0,2/0,5)	0,077
Bicarbonato (mEq/L); média (DP)	21,0	(19,3/22,9)	20,9	(19,3/23,0)	19,9	(18,6/22,8)	0,415
Dinamometria < P50 (sim)	75	(70,1%)	63	(71,6%)	12	(63,2%)	0,651
30 s SST (mediana) (VIQ) (n = 103)	11	(8/14)	11	(8/13)	12	(7/15)	0,769
Força alterada (sim) Total (%) (n = 103)	41	(39,8%)	34	(40,5%)	7	(36,8%)	0,974
GPI (%); mediana (VIQ), (n = 98)	3,8	(2,8/4,3)	3,8	(2,9/4,4)	3,4	(2,4/4,2)	0,182
LTI mg/m ² ; média (DP), (n = 98)	15,8	(14,6/17,9)	15,3	(14,1/17,2)	16,9	(15,8/18,9)	0,018
IMC (kg/m ²); mediana (VIQ) (n = 98)	24,1	(21,7/28,3)	23,6	(21,5/28,2)	24,9	(22,6/28,4)	0,381

VIQ: variação interquartil (percentil 25/75); HD: hemodiálise; DP: desvio padrão; 30 s SST: teste senta e levanta em 30 segundos (*sit-to-stand test*); GPI: ganho de peso interdialítico; LTI: *index* massa magra (*lean tissue index*); IMC: índice de massa corporal; *Goldin Leisure-Time Exercise Questionnaire.
Fonte: primária.

A Tabela 2 apresenta as barreiras e os conhecimentos sobre atividade física na amostra total e estratificada pelo *status* de atividade física dos pacientes em HD. A barreira mais frequente apontada pelos participantes foi o medo de prejudicar a fístula arteriovenosa (46,7%). A presença de cansaço (43,2 vs. 15,8%; $p = 0,021$), o medo de se machucar (28,4 vs. 5,3%; $p = 0,025$) e a falta de condições financeiras (38,6 vs. 15,8%; $p = 0,047$) foram mais frequentemente apontadas como barreiras entre os PNAF quando comparados aos PAF. Com relação ao conhecimento sobre atividade física, não houve diferença entre os grupos.

Tabela 2 – Barreiras, conhecimentos e atitudes sobre atividade física na amostra total e na amostra estratificada pelo *status* da atividade física

Questões	Amostra total N = 107 (100%)		Não ativo fisicamente N = 88 (88,2%)		Ativo fisicamente N = 19 (17,8%)		Valor p
	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	
Cansaço	41	(38,3)	38	(43,2)	3	(15,8)	0,021
Falta de ar	25	(23,4)	23	(26,1)	2	(10,5)	0,120
Falta vontade	26	(24,3)	24	(27,3)	2	(10,5)	0,101
Sente dor	36	(33,6)	33	(37,5)	3	(15,8)	0,056
Falta tempo	8	(7,5)	7	(8,0)	1	(5,3)	0,567
Medo de se machucar	26	(24,3)	25	(28,4)	1	(5,3)	0,025
Medo de prejudicar o acesso vascular	50	(46,7)	43	(48,9)	7	(36,8)	0,485
Falta companhia	18	(16,8)	16	(18,2)	2	(10,5)	0,335
Falta dinheiro	37	(34,6)	34	(38,6)	3	(15,8)	0,047
Idade não permite	6	(5,6)	6	(6,8)	0	(0)	0,300
Falta lugar para fazer atividade física	14	(13,1)	13	(14,8)	1	(5,3)	0,240
Sente-se triste, desanimado	31	(29,0)	28	(31,8)	3	(15,8)	0,264
Horário da hemodiálise atrapalha	10	(9,3)	9	(10,2)	1	(5,3)	0,437
Sente-se mal após a hemodiálise	37	(34,6)	33	(37,5)	4	(21,1)	0,134
Atividade física traz benefício para a saúde	105	(98,1)	86	(97,7)	19	(100)	0,675
Paciente em hemodiálise faz atividade física	94	(87,9)	76	(86,4)	18	(94,7)	0,282

Fonte: primária.

A Tabela 3 apresenta as variáveis associadas com a prática de atividade física regular na amostra estudada. Na análise univariada, a menor idade, o menor tempo em terapia hemodialítica e o menor número de barreiras avaliadas foram associados com maior chance de o paciente realizar atividade física. Na análise multivariada, a menor idade permaneceu associada com a prática de atividade física (*odds ratio* – OR = 0,90; intervalo de confiança de 95% – IC95% 0,84–0,96; $p = 0,001$), bem como o menor tempo em HD (OR = 0,99; IC95% 0,98–0,99; $p = 0,016$). O menor número de barreiras avaliadas no estudo também permaneceu associado à maior chance de realizar atividade física após ajuste para as demais variáveis de confusão (OR = 0,61; IC95% 0,43–0,86; $p = 0,004$).

Tabela 3 – Análise univariada e multivariada das variáveis associadas com a prática de atividade física em pacientes em hemodiálise crônica

	Univariada			Multivariada		
	OR	IC95%	Valor p	OR	IC95%	Valor p
Idade (anos), por unidade de aumento	0,93	0,89–0,98	0,002	0,90	0,84–0,96	0,001
Sexo (masculino vs. feminino)	3,52	0,95–12,99	0,059	2,19	0,47–10,21	0,317
Tempo em hemodiálise (meses), por unidade de aumento	0,99	0,98–0,99	0,042	0,99	0,98–0,99	0,016
Diabetes	0,50	0,13–1,87	0,303			
Hipertensão arterial sistêmica	0,96	0,28–3,26	0,953			
Hemoglobina , por unidade de aumento	0,96	0,72–1,28	0,772			
Albumina , por unidade de aumento	6,83	1,48–31,53	0,014			
PCR-US , por unidade de aumento	0,61	0,29–1,28	0,193			
Atividade física antes da hemodiálise	4,24	1,15–15,62	0,030			
Número de barreiras , por unidade de aumento	0,71	0,55–0,92	0,010	0,61	0,43–0,86	0,004

OR: *odds ratio*; IC95%: intervalo de confiança de 95%; PCR-US: proteína C reativa ultrasensível.
Fonte: primária.

6.3 DISCUSSÃO

O presente estudo evidenciou que menos de um quinto da amostra analisada realizava atividade física intensa ou moderada, segundo classificação validada. Embora a maioria dos pacientes em tratamento hemodialítico apresente conhecimento sobre a importância da atividade física, as principais barreiras apontadas foram cansaço físico, medo de se machucar e a falta de condições financeiras para realizar atividade física. Além disso, a menor idade, o menor tempo em tratamento hemodialítico e o menor número de barreiras foram associados com a maior chance de esses pacientes praticarem atividade física de forma regular.

O estudo analisou uma amostra com características semelhantes às da população em HD no Brasil (Abe *et al.*, 2023). Sabe-se que a inatividade física corrobora para a perda de massa muscular, bem como pode favorecer a morte de pacientes com DRC (van Vilsteren; Greef; Huisman, 2005; Clyne; Anding-Rost, 2021). Para alguns nefrologistas, a falta de orientação adequada sobre a prática de atividade física representa uma barreira significativa para a adesão de pacientes com DRC a programas de exercícios. Dessa maneira, a implementação de estratégias para a prática de atividade física é muito importante, além de a adesão estar relacionada a apoio familiar e social, aconselhamento e melhora do suporte comunitário. Segundo

Kendrick, Ritchie e Andrews (2019), educar os profissionais de saúde pode ser fundamental para superar essas barreiras e incentivar a prática regular de exercícios orientados, contribuindo para a melhora da saúde e qualidade de vida dos pacientes (Socoloski *et al.*, 2021).

Outros achados relevantes incluem limitações físicas como fadiga e dor, preocupações psicológicas, como medo de lesão e falta de motivação, e obstáculos sociais, como falta de suporte ou orientação profissional adequada. Esses fatores, combinados, contribuem para a baixa adesão dos pacientes a programas de exercícios, evidenciando a necessidade de intervenções mais direcionadas para superar tais desafios e promover um estilo de vida mais ativo entre essa população (Clarkson *et al.*, 2019; Clyne; Anding-Rost, 2021; Zheng, 2022).

Estudos indicam que a prática regular de exercícios físicos contribui para o aumento da FM em pacientes, independentemente do tipo de exercício realizado (Ethgen *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2023). Assim sendo, alguns autores mostram a importância de uma abordagem multidisciplinar para a promoção de atividade física em pacientes com DRC, considerando os benefícios para a saúde e a necessidade de superar barreiras institucionais e individuais (Abe *et al.*, 2023; Saz-Lara *et al.*, 2024).

De acordo com a literatura, pacientes em fase inicial de HD têm maior probabilidade de aderir a programas de exercícios em comparação com aqueles que estão em diálise por períodos mais longos, o que pode estar associado a menos complicações relacionadas à doença e menor desgaste físico acumulado. Em contrapartida, pacientes em diálise há mais tempo frequentemente desenvolvem fraqueza muscular significativa, redução da capacidade funcional e sintomas de fadiga, tornando a prática de exercícios mais desafiadora (Cheema *et al.*, 2014).

Outros fatores relevantes são os efeitos fisiológicos e psicológicos, uma vez que no início do tratamento dialítico os pacientes costumam ser mais ativos e motivados para ajustar-se ao tratamento e às orientações médicas, incluindo a prática de atividade física (Afshar *et al.*, 2011). Por sua vez, a progressiva deterioração muscular e óssea, comum em estágios avançados da DRC, pode reduzir a motivação e a capacidade funcional de realização de exercícios (Koufaki; Mercer; Naish, 2002).

Este estudo apresenta algumas limitações. O tamanho reduzido da amostra pode ter restringido o poder estatístico para outras barreiras ou fatores associados à

atividade física. O método utilizado para medir a FM dos membros inferiores, que consistiu em um teste adaptado de 30 segundos, pode ser influenciado pela motivação e interesse do paciente pela pesquisa, gerando um viés de observação com menores valores, principalmente entre aqueles PNAF. Tampouco foi possível realizar uma avaliação cardiopulmonar detalhada que pudesse indicar pacientes com reconhecida incapacidade funcional para a prática de exercícios.

O estudo apresenta contribuições relevantes para a melhor compreensão das dificuldades existentes para a prática de atividade física entre pacientes submetidos à HD crônica e pode auxiliar em intervenções mais focadas em educação em saúde. Além disso, fortalece a necessidade de os profissionais de saúde que atendem tais pacientes fornecerem informações que minimizem falsos medos que possam limitar a prática de atividade física entre esses pacientes. Também, reforça a importância de programas, incluindo de educação física, para estimular e promover a atividade física entre os pacientes com mais limitações físicas e com mais tempo em terapia hemodialítica.

6.4 CONCLUSÃO

A inatividade física decorrente das barreiras apontadas em pacientes com DRC, especialmente associada ao envelhecimento, contribui de maneira significativa para a perda de massa e FM, tanto antes quanto ao longo do tratamento por HD. Portanto, intervenções direcionadas para incentivar a realização de atividade física por esses pacientes são essenciais para mitigar os efeitos deletérios da inatividade e promover melhores desfechos clínicos.

7 ARTIGO 2: ASSOCIAÇÃO DA ACIDOSE COM A PERDA DE FORÇA MUSCULAR EM PACIENTES EM HEMODIÁLISE CRÔNICA

7.1 MÉTODO

Trata-se de um estudo observacional, transversal, descritivo e analítico constituído de uma amostra não probabilística de 102 pacientes com falência renal em hemodiálise de uma clínica de diálise de Joinville, Santa Catarina, Brasil.

De março a julho de 2023, todos os pacientes em terapia hemodialítica crônica com idade entre 18 e 65 anos, tempo de terapia em HD igual ou superior a três meses e sem internação hospitalar nos últimos 30 dias foram incluídos no estudo. Excluíram-se pacientes com diurese residual > 500 mL/24 h ou GPI $< 1\%$, para permitir a medida do *index* de creatinina simplificado (Desmeules *et al.*, 2004).

Também foram excluídos os pacientes que mudaram de método dialítico durante a pesquisa, os que apresentavam limitações físicas ou presença de amputação de membros que impossibilitasse a realização dos testes de avaliação muscular. Além disso, excluíram-se aqueles com alterações cognitivas ou diagnóstico prévio de quadro demencial documentado pela própria instituição.

Todos os participantes preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, e o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade da Região de Joinville (Certificado de Apresentação de Apreciação Ética nº 65523922.9.0000.5366).

7.1.1 Variáveis coletadas

As variáveis consideradas foram sexo, idade, comorbidades (hipertensão arterial, diabetes, acidente vascular cerebral, tipo de acesso vascular, tempo de HD e índice de massa corporal). Também foi considerada a média dos últimos dois valores da adequação da diálise (Kt/V), fósforo, albumina, PTH, hemoglobina e GPI referentes aos meses corrente e anterior da realização do estudo.

Avaliou-se o SCI como um marcador de massa muscular, definido como uma taxa normalizada da produção endógena de creatinina considerando a depuração renal residual e dialisada, por meio da fórmula de Canaud (2021). Já o LTI foi estimado

pela fórmula de Canaud *et al.* (2014). As análises de PCR e gasometria sanguínea, para avaliação dos níveis de bicarbonato, foram realizadas em amostras de sangue colhidas no início da sessão de HD diretamente do acesso vascular para o procedimento dialítico, as quais foram posteriormente processadas em um laboratório de apoio na mesma cidade.

No que tange à avaliação dos marcadores inflamatórios, a dosagem de PCR foi conduzida por meio do ensaio Multigent PCR, um imunoensaio de látex concebido para a mensuração precisa e reprodutível dos níveis sanguíneos de PCR em soro e plasma. Adicionalmente, fez-se a dosagem de bicarbonato empregando-se o sistema GEM Premier 3000, o qual possibilita a medição do bicarbonato sanguíneo por meio da gasometria.

Para avaliar a força de membros superiores, ou seja, a FPP, utilizou-se um instrumento de dinamômetro de mão analógico da marca Jamar. A avaliação foi realizada pela medida em kg (máximo de 100 kgf), em estrutura metálica e pegador anatômico, de fácil leitura e com o ponteiro permanecendo no seu máximo valor durante o teste. O paciente, sentado, puxa a alça ou alavanca do dinamômetro e mantém a tensão por aproximadamente dois segundos, fazendo somente força. Esse processo foi realizado três vezes, sendo anotado o maior resultado. Os valores avaliados como baixa FM foram considerados com base no sexo e na faixa etária, de acordo com valores obtidos de uma população sem DRC dialítica brasileira (Pinto *et al.*, 2015).

Para avaliar a força muscular de membros inferiores, utilizou-se o SST (Crook *et al.*, 2017). Para tanto, o paciente, inicialmente sentado em uma cadeira sem braços de apoio, deve por 30 segundos sentar-se e levantar-se sem nenhum apoio dos braços, e o número de repetições completadas foi considerado.

Ambos os testes foram realizados antes a sessão de HD.

7.1.2 Análise estatística

As variáveis categóricas são apresentadas por sua frequência e porcentagem, e as variáveis numéricas, por sua média e desvio padrão ou mediana e variação interquartil. Utilizaram-se o teste χ^2 para comparar as variáveis categóricas e o teste t

de Student ou Mann-Whitney para comparar as médias das variáveis quantitativas após verificação de sua normalidade pelo teste Kolmogorov-Smirnov.

Definiram-se como valores de dinamometria alterados aqueles pacientes com medidas inferiores ao percentil 50 ajustado para idade e sexo, conforme população de referência (Schlüssel; Anjos; Kac, 2008; Pinto *et al.*, 2015; Crook *et al.*, 2017), e como presença de força alterada todos os pacientes que tinham valores de dinamometria alterados e teste SST menor do que a mediana encontrada na amostra por sexo (< 10 para mulheres ou < 11 para homens).

Buscou-se analisar a associação dos valores de bicarbonato para a ocorrência de força alterada mediante um modelo multivariado explicativo. Assim, verificou-se a razão de chance bruta dos valores de bicarbonato para ocorrência de força diminuída e ajustada para outras variáveis potencialmente confundidoras por meio de regressão logística. Todas as variáveis que modificaram o efeito da variável de interesse principal (bicarbonato) em 5% ou mais na análise bivariada foram incluídas em um modelo multivariado final, mantendo-se fixo sexo e idade. Considerou-se $p < 0,05$ como significativo. As análises foram realizadas pelo *software* de estatística IBM Statistical Package for the Social Sciences versão 27.

7.2 RESULTADOS

Da amostra inicial total de 102 pacientes, foram excluídos do estudo oito com diurese residual > 500 mL ou GPI $< 1\%$ e quatro pacientes que mudaram de método dialítico antes de cumprir-se o protocolo. A amostra final, de 90 pacientes, apresentava média de idade de 48,8 anos, sendo 56 (62,2%) do sexo masculino, e hipertensão arterial sistêmica (84,4%) e diabetes 24,4% foram as comorbidades mais prevalentes. O principal acesso vascular para a realização de HD era a fístula arteriovenosa, em 78,9% da amostra. A mediana do tempo em HD foi de 63,1 meses, com variação interquartil (VIQ) de 25,0/113,7 meses. A presença de força alterada tanto de membros superiores como de membros inferiores foi observada em 26,7% da amostra total. Outras características da amostra total estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4 – Características gerais da amostra

Amostra total n = 90		
Idade (anos); média (DP)	48,8	11,5
Sexo (masculino); total (%)	56	62,2
Comorbidades ; total (%)		
Diabetes	22	24,4
Hipertensão	76	84,4
Acidente vascular cerebral	19	21,1
Tipo de acesso vascular ; total (%)		
Fístula	71	78,9
Cateter	19	21,1
Tempo em HD (meses); mediana (VIQ)	63,1	25,0/113,7
Kt/v ; média (DP)	1,4	0,3
Creatinina (mg/dL); média (DP)	10,7	2,9
Fósforo (mg/dL); mediana (VIQ)	5,5	4,3/6,6
Albumina (mg/dL); média (DP)	4,1	0,4
PTH (pg/mL); mediana (VIQ)	403,2	199,7/836,0
Hemoglobina (g/dL); média (DP)	11,2	1,6
PCR-US (mg/L); mediana (VIQ)	0,46	0,2/1,4
Bicarbonato (mEq/L); média (DP)	21,0	2,5
Dinamometria (< percentil 50)	63	70,0
30 s SST ; mediana (VIQ)	11	8,2/14,0
Homens	11	10/14
Mulheres	10	6,2/13
Força alterada ; total (%)	24	26,7
GPI (%); mediana (VIQ)	3,8	1,2
SCI (mg/kg/dia); unidade; média (DP)	14,0	0,8
LTI (mg/m ²); média (DP)	16,2	2,6
IMC (kg/m ²); mediana (VIQ)	23,6	21,6/28,4

DP: desvio padrão; HD: hemodiálise; VIQ: variação interquartil (percentil 25/75); PTH: paratormônio; PCR-US: proteína C reativa ultrasensível; 30 s SST: teste senta-levanta em 30 segundos (*sit-to-stand test*); GPI: ganho de peso interdialítico; SCI: *index* de creatinina simplificada (*simplified creatinine index*); LTI: *index* massa magra; IMC: índice de massa corporal.

Fonte: primária.

As características da amostra em relação aos pacientes sem perda de força (SPF) e com perda de força (CPF) são apresentadas na Tabela 5. Os pacientes SPF eram mais jovens (mediana de idade = 48 anos, VIQ = 41,8/55,0) quando comparados aos pacientes CPF (mediana = 55,5 anos, VIQ = 44,7/63,7; $p = 0,012$). Observou-se menor prevalência de hipertensão arterial sistêmica nos pacientes SPF em comparação com os CPF (89,4 versus 70,8%; $p = 0,047$). Além disso, pacientes com menor índice de Kt/v ($Kt/v < 1,31$, DP = 0,27) mostraram maior propensão à perda de força em comparação com aqueles com índice mais alto ($Kt/v \geq 1,48$, DP = 1,29), com diferença estatisticamente significativa ($p = 0,006$).

Os níveis de albumina foram significativamente maiores no grupo SPF (4,20; 4,00–4,40 mg/dL) em comparação ao grupo CPF (4,00; 3,70–4,10 mg/dL; $p = 0,006$), indicando diferença relevante entre os grupos. O índice de GPI também foi maior no

grupo SPF, comparando-o ao grupo CPF (mediana = 3,94 *versus* 3,46; $p = 0,040$) (Tabela 5).

Tabela 5 – Características da amostra por perda de força (30 s SST < mediana por sexo [10 mulheres e 11 homens] e dinamometria abaixo da mediana por sexo e idade)

	Sem perda de força N = 66 (73,3%)		Com perda de força N = 24 (26,7%)		Valor p
Idade (anos); mediana (VIQ)	48,00	41,75/55,00	55,50	44,75/63,75	0,012
Sexo (masculino); total (%)	38	57,6	18	75,0	0,207
Comorbidades ; total (%)					
Diabetes	15	22,7	7	29,2	0,725
Hipertensão	59	89,4	17	70,8	0,047
Acidente vascular cerebral	15	22,7	4	16,7	0,771
Tipo de acesso vascular ; total (%)					0,771
Fístula	51	77,3	20	83,3	
Cateter	15	22,7	4	16,7	
Tempo em HD (meses); mediana (VIQ)	57,38	24,12/112,67	66,42	31,22/125,55	0,625
Kt/v ; média (DP)	1,48	0,29	1,31	0,27	0,006
Creatinina (mg/dL); média (DP)	10,88	2,88	10,37	2,92	0,235
Fósforo (mg/dL); mediana (VIQ)	5,30	4,30/6,42	5,90	4,60/7,12	0,262
Albumina (mg/dL); média (DP)	4,20	4,00/4,40	4,00	3,70/4,10	0,006
PTH (pg/mL); mediana (VIQ)	403,25	198,32/804,05	359,00	196,80/1353,02	0,629
Hemoglobina (g/dL); média (DP)	11,33	1,49	10,85	1,82	0,125
PCR-US (mg/L); mediana (VIQ)	0,42	0,19/1,14	0,57	0,25/2,00	0,290
Bicarbonato (mEq/L); média (DP)	21,11	2,53	20,71	2,51	0,255
GPI (%); mediana (VIQ)	3,94	1,20	3,46	1,09	0,040
SCI (mg/kg/dia); unidade; média (DP)	14,00	0,86	13,87	0,77	0,254
LTI (mg/m ²); média (DP)	15,45	14,21/17,87	16,35	14,56/17,90	0,584
IMC (kg/m ²); mediana (VIQ)	23,59	21,56/28,22	24,14	21,35/29,36	0,722

30 s SST: teste senta-levanta em 30 segundos (*sit-to-stand test*); VIQ: variação interquartil (percentil 25/75); HD: hemodiálise; DP: desvio padrão; PTH: paratormônio; PCR-US: proteína C reativa ultrasensível; GPI: ganho de peso interdialítico; SCI: *index* de creatinina simplificada; LTI: *index* massa magra; IMC: índice de massa corporal.

Fonte: primária.

Na Tabela 6 é apresentada a razão de chance bruta e ajustada de forma bivariada entre níveis de bicarbonato para ocorrência de perda de força. Os valores de bicarbonato não foram associados com a maior chance de perda de força de forma bruta (OR = 0,94; IC95% 0,79–1,13), ou após ajuste de forma bivariada para outras variáveis.

Tabela 6 – Razão de chance bruta e ajustada entre níveis de bicarbonato para ocorrência de perda de força

	OR	IC95%	Valor p
Bicarbonato (mEq/L), por unidade de aumento	0,94	0,78–1,13	0,505
Ajustado para:			
Idade (anos), por unidade de aumento	0,91	0,74–1,12	0,367
Sexo (masculino vs. feminino)	0,92	0,75–1,11	0,379
Tempo em HD (meses), por unidade de aumento	0,94	0,78–1,14	0,520
Acesso (fístula arteriovenosa vs. cateter)	0,93	0,76–1,12	0,443
Kt/V , por unidade de aumento	0,89	0,73–1,09	0,891
Diabetes	0,93	0,77–1,13	0,468
Hipertensão arterial sistêmica	0,95	0,78–1,16	0,645
Acidente vascular cerebral	0,95	0,78–1,15	0,573
Fósforo , por unidade de aumento	0,94	0,78–1,13	0,507
PTH , por unidade de aumento	0,95	0,78–1,15	0,581
Albumina , por unidade de aumento	0,96	0,78–1,17	0,672
Hemoglobina , por unidade de aumento	0,93	0,76–1,12	0,926
PCR-US , por unidade de aumento	0,94	0,77–1,13	0,495
GPI (%), por unidade de aumento	0,89	0,73–1,09	0,276
SCI , por unidade de aumento	0,94	0,78–1,13	0,514
LTI , por unidade de aumento	0,93	0,77–1,13	0,475
IMC , por unidade de aumento	0,93	0,77–1,13	0,485

HD: hemodiálise; PTH: paratormônio; PCR-US: proteína C reativa ultrasensível; GPI: ganho de peso interdialítico; SCI: *index* de creatinina simplificada; LTI: *index* massa magra; IMC: índice de massa corporal; OR: *odds ratio*; IC95%: intervalo de confiança de 95%.

Fonte: primária.

A Tabela 7 apresenta o modelo multivariado final, tendo sido incluídos os valores de Kt/v e GPI que modificaram o efeito da variável principal em 5% ou mais, além de sexo e idade. Após ajuste para as demais variáveis, os valores de bicarbonato não apresentaram associação com perda de força muscular (OR = 1,05; IC95% 0,99–1,11).

Tabela 7 – Análise multivariada da associação entre níveis de bicarbonato para ocorrência de perda de força por regressão logística

	OR	IC95%	Valor p
Idade (anos), por unidade de aumento	1,05	0,99–1,11	0,680
Sexo (masculino vs. feminino)	1,81	0,57–5,75	0,317
Kt/V , por unidade de aumento	0,16	0,02–1,21	0,076
GPI (%), por unidade de aumento	0,74	0,46–1,22	0,239
Bicarbonato (mEq/L), por unidade de aumento	0,83	0,66–1,04	0,112

GPI: ganho de peso interdialítico; OR: *odds ratio*; IC95%: intervalo de confiança de 95%.

Fonte: primária.

7.3 DISCUSSÃO

Este estudo procurou avaliar o efeito da acidose, por meio dos níveis de bicarbonato, em pacientes com falência renal submetidos à HD na FM. Entretanto, na amostra testada, os níveis de acidose, avaliados por meio das concentrações de bicarbonato, não demonstraram nenhuma associação significativa com a perda de força muscular (Oliveira *et al.*, 2015).

Cerca de um quarto dos pacientes apresentavam perda de força. Esses pacientes eram mais idosos e tinham menores valores de albumina. Observou-se também que o grupo SPF foi maior quando comparado ao CPF, sendo associada a hipertensão arterial sistêmica como patologia. Estratégias como preservar ou minimizar a perda proteica, manejar adequadamente a ingestão de fluidos e receber aconselhamento dietético são essenciais para mitigar esses riscos e melhorar os resultados clínicos (Kraut; Madias, 2017).

Embora a correção da acidose seja associada a benefícios, como a redução do catabolismo proteico e a melhora do estado nutricional, com potencial para minimizar a perda muscular, nosso estudo não identificou essa associação significativa (Hu; Witham; Soiza, 2019).

Alguns estudos experimentais realizados em animais desenvolvidos mostraram que a acidose metabólica desempenha papel significativo na progressão da DRC, contribuindo para alterações metabólicas e estruturais que agravam o comprometimento da função (Phisitkul *et al.*, 2008; Wesson; Simoni, 2009). Isso está alinhado com outros estudos que também não observaram diferenças claras (Pelicer *et al.*, 2011; Hu; Witham; Soiza, 2019). Esses achados sugerem que, em pacientes com DRC em terapia hemodialítica adequada, a correção da acidose metabólica, refletida por valores normais de bicarbonato, pode contribuir para reduzir a perda de massa muscular, mas sem relação estatisticamente evidente (Wang; Mitch, 2014; Hamm; Nakhoul; Hering-Smith, 2015). Esses efeitos positivos, ao preservar a função renal e melhorar parâmetros nutricionais e metabólicos, ajudam a proteger contra a atrofia muscular. Além disso, outros estudos indicam que a perda de força muscular ou a sarcopenia estão diretamente relacionadas à acidose metabólica, que é agravada em pacientes com DRC (Ballmer *et al.*, 1995; Caso; Garlick, 2005).

Algumas limitações e fraquezas deste estudo podem estar relacionadas aos métodos utilizados para avaliar FM em pacientes, como testes de FPP e SST; eles poderiam ser direcionados especificamente para sarcopenia. A limitação da faixa etária também poderia associar a pesquisa a outros desfechos. Embora a hipótese principal deste estudo não tenha sido confirmada, nosso estudo encontrou prevalência relevante de pacientes CPF, o que foi verificado por testes simples e com associação a marcadores nutricionais e de adequação de terapia dialítica. Assim, novos estudos são necessários para aprofundar os achados encontrados e sua associação com a acidose nesses pacientes.

7.4 CONCLUSÃO

Embora valores de bicarbonato não tenham mostrado associação com perda de força, encontrou-se prevalência relevante de pacientes CPF na amostra estudada. Além disso, nossos achados sugerem que fatores relacionados à adequação dialítica possam ter alguma influência na associação entre acidose e perda de força muscular. Considerando que o controle da acidose tem sido apontado como um dos fatores importantes na redução do risco de perda de massa muscular em pacientes com falência renal em HD, novos estudos são necessários para aprofundar nossos achados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos estudos realizados, destaca-se a complexidade dos fatores que influenciam o estado muscular de pacientes com DRC em terapia hemodialítica. Por um lado, a inatividade física, com frequência ligada às barreiras enfrentadas por esses pacientes, exerce papel significativo na perda de massa e força muscular (sarcopenia e dinapenia), especialmente em indivíduos mais idosos. Por outro lado, a prevalência de pacientes com acidose metabólica crônica e suas possíveis relações com a perda de força muscular reforçam a necessidade de intervenções focadas no controle da adequação dialítica.

Esses achados evidenciam que o enfrentamento da inatividade física e o aprimoramento do controle metabólico são estratégias complementares e essenciais para mitigar os efeitos deletérios da DRC e promover melhores desfechos clínicos. Assim, intervenções que associem programas de atividade física supervisionados à otimização dos parâmetros dialíticos podem constituir abordagens promissoras para melhorar a qualidade de vida e a funcionalidade desses pacientes. Estudos futuros devem explorar, com maior profundidade, a interação entre esses fatores, contribuindo para a construção de protocolos mais eficazes e abrangentes.

REFERÊNCIAS

- ABE, M. *et al.* Effectiveness and current status of multidisciplinary care for patients with chronic kidney disease in Japan: a nationwide multicenter cohort study. **Clinical and Experimental Nephrology**, v. 27, n. 6, p. 528-541, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10157-023-02338-w>
- ABENSUR, H. Iron deficiency in chronic kidney disease. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 32, Supl. 2, p. 84-88, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-84842010005000047>
- ABENSUR, H.; ARAÚJO, R. T. Atualização em diálise: importância da função renal residual na técnica de diálise peritoneal ambulatorial contínua. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 22, n. 2, p. 110-113, 2000.
- AFSHAR, R. *et al.* Effects of intradialytic aerobic training on sleep quality in hemodialysis patients. **Iranian Journal of Kidney Diseases**, v. 5, n. 2, p. 119-123, 2011.
- ALEXANDRE, T. S. *et al.* Prevalence and associated factors of sarcopenia, dynapenia, and sarcodynepenia in community-dwelling elderly in São Paulo – Sabe Study. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 21, Supl. 2, e180009, 2019. <https://doi.org/10.1590/1980-549720180009.supl.2>
- AMIREAULT, S.; GODIN, G. The Godin-Shephard leisure-time physical activity questionnaire: Validity evidence supporting its use for classifying healthy adults into active and insufficiently active categories. **Perceptual and Motor Skills**, v. 120, n. 2, p. 604-622, 2015. <https://doi.org/10.2466/03.27.pms.120v19x7>
- BALLMER, P. E. *et al.* Chronic metabolic acidosis decreases albumin synthesis and induces negative nitrogen balance in humans. **Journal of Clinical Investigation**, v. 95, n. 1, p. 39-45, 1995. <https://doi.org/10.1172/jci117668>
- BASTOS, M. G.; BREGMAN, R.; KIRSZTAJN, G. M. Doença renal crônica: frequente e grave, mas também prevenível e tratável. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 56, n. 2, p. 248-253, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0104-42302010000200028>

BATSIS, J. A.; VILLAREAL, D. T. Sarcopenic obesity in older adults: aetiology, epidemiology and treatment strategies. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 14, n. 9, p. 513-537, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41574-018-0062-9>

BORTOLOTTO, L. A. Hipertensão arterial e insuficiência renal crônica. **Revista Brasileira de Hipertensão**, v. 15, n. 3, p. 152-155, 2008.

BRITO-ASHURST, I. *et al.* Bicarbonate supplementation slows progression of CKD and improves nutritional status. **Journal of the American Society of Nephrology**, v. 20, n. 9, p. 2075-2084, 2009. <https://doi.org/10.1681/asn.2008111205>

CANAUD, B. Simplified creatinine index as a new tool for monitoring protein energy malnutrition and predict outcome risk in hemodialysis patients: recent findings and perspectives. **Nephrology & Renal Therapy**, v. 7, n. 2, p. 1-5, 2021. <https://doi.org/10.24966/NRT-7313/100050>

CANAUD, B. *et al.* Creatinine index as a surrogate of lean body mass derived from urea Kt/V, pre-dialysis serum levels and anthropometric characteristics of haemodialysis. **PLoS One**, v. 9, n. 3, e93286, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093286>

CARDOSO, A. P. B. D. S.; FERRAZ, M. R.; BEGNI, V. S. Acidose metabólica e as suas influências deletérias no paciente renal crônico. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 7, n. 3, p. 5-17, 2021. <https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/saude/renal-cronico>

CASO, G.; GARLICK, P. J. Control of muscle protein kinetics by acid-base balance. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, v. 8, n. 1, p. 73-76, 2005. <https://doi.org/10.1097/00075197-200501000-00011>

CHEEMA, B. *et al.* Progressive exercise for anabolism in kidney disease (PEAK): A randomized, controlled trial of resistance training during hemodialysis. **Journal of the American Society of Nephrology**, v. 18, n. 5, p. 1594-1601, 2007.

CHEEMA, B. S. *et al.* Effect of progressive resistance training on measures of skeletal muscle hypertrophy, muscular strength and health-related quality of life in patients with

chronic kidney disease: A systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 44, n. 8, p. 1125-1138, 2014. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0176-8>

CHEEMA, B. S. *et al.* Progressive exercise for anabolism in kidney disease (PEAK): A randomized, controlled trial of resistance training during hemodialysis. **Journal of the American Society of Nephrology**, v. 18, n. 5, p. 1594-1601, 2007. <https://doi.org/10.1681/asn.2006121329>

CLARK, B. C.; MANINI, T. M. Sarcopenia $\neq$ dynapenia. **Journal of Gerontology: Series A**, v. 63, n. 8, p. 829-834, 2008. <https://doi.org/10.1093/gerona/63.8.829>

CLARK, B. C.; MANINI, T. M. What is dynapenia? **Nutrition**, v. 28, n. 5, p. 495-503, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.12.002>

CLARK, B. C.; TAYLOR, J. L. Age-related changes in motor cortical properties and voluntary activation of skeletal muscle. **Current Aging Science**, v. 4, n. 3, p. 192-199, 2012. <https://doi.org/10.2174/1874609811104030192>

CLARKSON, M. J. *et al.* Exercise interventions for improving objective physical function in patients with end-stage kidney disease on dialysis: A systematic review and meta-analysis. **American Journal of Physiology – Renal Physiology**, v. 316, n. 5, p. F856-F872, 2019. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00317.2018>

CLYNE, N.; ANDING-ROST, K. Exercise training in chronic kidney disease: effects, expectations and adherence. **Clinical Kidney Journal**, v. 14, supl. 2, p. II3-II14, 2021. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfab012>

COELHO, C. *et al.* Repercussões da insuficiência renal crônica na capacidade de exercício, estado nutricional, função pulmonar e musculatura respiratória de crianças e adolescentes. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 12, n. 1, p. 1-6, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552008000100002>

CRITICAL CARE. 2011. Disponível em: <https://www.biosystemsne.com.br/files/product/7ac78bea10ef81f4af0b0169c8a4518a.pdf>. Acesso em: 20 maio 2025.

CROOK, S. *et al.* A multicentre validation of the 1-min sit-to-stand test in patients with COPD. **European Respiratory Journal**, v. 49, n. 3, p. 1-11, 2017. <https://doi.org/10.1183/13993003.01871-2016>

CRUZ-JENTOFT, A. J.; SAYER, A. A. Sarcopenia. **The Lancet**, v. 393, n. 10191, p. 2636-2646, 2019. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(19\)31138-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(19)31138-9)

DELGADO, C.; JOHANSEN, K. L. Barriers to exercise participation among dialysis patients. **Nephrology Dialysis Transplantation**, v. 27, n. 3, p. 1152-1157, 2012. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfr404>

DESMEULES, S. *et al.* Creatinine index and lean body mass are excellent predictors of long-term survival in haemodiafiltration patients. **Nephrology Dialysis Transplantation**, v. 19, n. 5, p. 1182-1189, 2004. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfh016>

DIPP, T. *et al.* Intervenções interdisciplinares no cuidado ao paciente com doença renal crônica em hemodiálise. **Revista Extendere**, v. 2, n. 1, p. 10-22, 2013.

EDWARDS, A.; MCDONOUGH, A. A.; ELLISON, D. H. Flow-dependent transport processes 2024: filtration, absorption, and secretion. **American Journal of Physiology**, v. 328, n. 5, p. F627-F637, 2025. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00303.2024>

ETHGEN, O. *et al.* The future prevalence of sarcopenia in Europe: a claim for public health action. **Calcified Tissue International**, v. 100, n. 3, p. 229-234, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00223-016-0220-9>

FAHAL, I. H. Uraemic sarcopenia: Aetiology and implications. **Nephrology Dialysis Transplantation**, v. 29, n. 9, p. 1655-1665, 2014. <https://doi.org/10.1093/ndt/gft070>

GIALLAURIA, F. *et al.* Resistance training and sarcopenia. **Monaldi Archives for Chest Disease**, v. 84, n. 1-2, p. 738, 2015. <https://doi.org/10.4081/monaldi.2015.738>

GOBBI, N.; ZANOTTI, J. Prevalência de sarcopenia e fatores associados em pacientes submetidos a hemodiálise em um ambulatório em Caxias do Sul/RS. **Braspen Journal**, v. 35, n. 4, p. 408-413, 2020. <https://doi.org/10.37111/braspenj.2020354013>

GORRIZ, J. L. *et al.* Vascular calcification in patients with Nondialysis CKD over 3 years. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**, v. 10, n. 4, p. 654-666, 2015. <https://doi.org/10.2215/cjn.07450714>

GREENWOOD, S. A. *et al.* Mortality and morbidity following exercise-based renal rehabilitation in patients with chronic kidney disease: The effect of programme completion and change in exercise capacity. **Nephrology Dialysis Transplantation**, v. 34, n. 4, p. 618-625, 2019. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfy351>

HAMM, L. L.; NAKHOUL, N.; HERING-SMITH, K. S. Acid-base homeostasis. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**, v. 10, n. 12, p. 2232-2242, 2015. <https://doi.org/10.2215/cjn.07400715>

HEIWE, S.; JACOBSON, S. H. Exercise training in adults with CKD: A systematic review and meta-analysis. **American Journal of Kidney Diseases**, v. 64, n. 3, p. 383-393, 2014. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2014.03.020>

HU, M. K.; WITHAM, M. D.; SOIZA, R. L. Oral bicarbonate therapy in non-haemodialysis dependent chronic kidney disease patients: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. **Journal of Clinical Medicine**, v. 8, n. 2, p. 208, 2019. <https://doi.org/10.3390/jcm8020208>

JHA, V. *et al.* Chronic kidney disease: Global dimension and perspectives. **The Lancet**, v. 382, n. 9888, p. 260-272, 2013. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60687-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60687-X)

JI, L. L. Antioxidants and oxidative stress in exercise. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v. 222, n. 3, p. 283-192, 1999. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1373.1999.d01-145.x>

JOHANSEN, K. L. *et al.* Muscle atrophy in patients receiving hemodialysis: Effects on muscle strength, muscle quality, and physical function. **Kidney International**, v. 63, n. 1, p. 291-297, 2003. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1755.2003.00704.x>

JOHNSON, R. A. Respiratory acidosis: a quick reference. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 38, n. 3, p. 431-434, 2008.

KENDRICK, J.; RITCHIE, M.; ANDREWS, E. Exercise in individuals with CKD: a focus group study exploring patient attitudes, motivations, and barriers to exercise. **Kidney Medicine**, v. 1, n. 3, p. 131-138, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.xkme.2019.03.004>

KIDNEY DISEASE: IMPROVING GLOBAL OUTCOMES (KDIGO) DIABETES WORK GROUP. KDIGO 2021 Clinical Practice Guideline for the Management of Glomerular Diseases. **Kidney International**, v. 100, n. 4 supl., p. S1-S276, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2021.05.021>

KIDNEY DISEASE: IMPROVING GLOBAL OUTCOMES (KDIGO) DIABETES WORK GROUP. KDIGO 2022 Clinical Practice Guideline for Diabetes Management in Chronic Kidney Disease. **Kidney International**, v. 102, Supl. 5, p. S1-S127, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2022.06.008>

KOUFAKI, P.; MERCER, T. H.; NAISH, P. F. Effects of exercise training on aerobic and functional capacity of end-stage renal disease patients. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 22, n. 2, p. 115-124, 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2281.2002.00405.x>

KRAUT, J. A.; KURTZ, I. Metabolic acidosis of CKD: diagnosis, clinical characteristics, and treatment. **American Journal of Kidney Diseases**, v. 45, n. 6, p. 978-993, 2005.

KRAUT, J. A.; MADIAS, N. E. Adverse effects of the metabolic acidosis of chronic kidney disease. **Advances in Chronic Kidney Disease**, v. 24, n. 5, p. 289-297, 2017. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2017.06.005>

KRAUT, J. A.; MADIAS, N. E. Metabolic acidosis of CKD: an update. **American Journal of Kidney Diseases**, v. 67, n. 2, p. 307-317, 2016. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2015.08.028>

LEITE, L. E. A. *et al.* Envelhecimento, estresse oxidativo e sarcopenia: uma abordagem sistêmica. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 15, n. 2, p. 365-380, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1809-98232012000200018>

MANDEL, E. I. *et al.* Plasma bicarbonate and odds of incident hypertension. **American Journal of Hypertension**, v. 26, n. 12, p. 1405-1412, 2013. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpt133>

MARINHO, A. W. G. B. *et al.* Prevalência de doença renal crônica em adultos no Brasil: revisão sistemática da literatura. **Cadernos de Saúde Coletiva**, v. 25, n. 3, p. 379-388, 2017. <https://doi.org/10.1590/1414-462X201700030134>

MARTINS, G. K. M. *et al.* Exposição de pacientes com doença renal crônica em tratamento dialítico aos agrotóxicos. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 45, n. 2, p. 170-180, 2023. <https://doi.org/10.1590/2175-8239-JBN-2022-0030pt>

MILIK, A.; HRYNKIEWICZ, E. On translation of LD, IL and SFC given according to IEC-61131 for hardware synthesis of reconfigurable logic controller. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 47, n. 3, p. 4477-4483, 2014. <https://doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.01333>

MURPHY, D.; JHA, V.; BANERJEE, D. Diabetes and CKD. **Management of Kidney Diseases**, v. 105, n. 4, p. 147-166, 2023.

NERBASS, F. B. *et al.* Brazilian Dialysis Survey 2020. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 44, n. 3, p. 349-357, 2022. <https://doi.org/10.1590/2175-8239-JBN-2021-0198>

NERBASS, F. B. *et al.* Brazilian Dialysis Survey 2021. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 45, n. 2, p. 192-198, 2023. <https://doi.org/10.1590/2175-8239-JBN-2022-0083en>

NEVES, R. V. P. *et al.* Dynamic not isometric training blunts osteo-renal disease and improves the sclerostin/FGF23/Klotho axis in maintenance hemodialysis patients: A randomized clinical trial. **Journal of Applied Physiology**, v. 130, n. 2, p. 508-516, 2021. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00416.2020>

NISHIKAWA, H. *et al.* Metabolic syndrome and sarcopenia. **Nutrients**, v. 13, n. 10, p. 3519, 2021. <https://doi.org/10.3390/nu13103519>

NOCE, A. *et al.* Nutritional approaches for the management of metabolic acidosis in chronic kidney disease. **Nutrients**, v. 13, n. 8, p. 2534, 2021. <https://doi.org/10.3390/nu13082534>

NUNES, C. *et al.* Prevalência de sarcopenia e fatores associados em pacientes em hemodiálise. **Revista Ciências em Saúde**, v. 11, n. 4, p. 61-69, 2021. <https://doi.org/10.21876/rcshci.v11i4.1153>

OLIVEIRA, C. M. C. *et al.* Metabolic acidosis and its association with nutritional status in hemodialysis. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 37, n. 4, p. 458-466, 2015. <https://doi.org/10.5935/0101-2800.20150073>

OZEN, S. Renal amyloidosis in familial Mediterranean fever. **Kidney International**, v. 65, n. 3, p. 1118-1127, 2004. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1755.2004.00485.x>

PELICER, F. R. *et al.* A influência da fadiga neuromuscular e da acidose metabólica sobre a corrida de 400 metros. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 17, n. 2, p. 127-131, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922011000200012>

PHISITKUL, S. *et al.* Dietary protein causes a decline in the glomerular filtration rate of the remnant kidney mediated by metabolic acidosis and endothelin receptors. **Kidney International**, v. 73, n. 2, p. 192-199, 2008. <https://doi.org/10.1038/sj.ki.5002647>

PINTO, A. P. *et al.* Impact of hemodialysis session on handgrip strength. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 37, n. 4, p. 451-457, 2015. <https://doi.org/10.5935/0101-2800.20150072>

QIANG, M. *et al.* Three-dimensional numerical simulation of geosynthetic-reinforced and pile-supported embankment with coupling beams. **Journal of Huazhong University of Science and Technology**, v. 39, n. 10, p. 99-102, 2011.

REGO, F. G. M. *et al.* Caracterização dos distúrbios da regulação: uma abordagem didática e intuitiva. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 52, n. 4, p. 337-345, 2020. <https://doi.org/10.21877/2448-3877.20200020>

REZENDE, L. R. *et al.* Metabolic acidosis in hemodialysis patients: a review. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 39, n. 3, p. 305-311, 2017. <https://doi.org/10.5935/0101-2800.20170053>

ROCHA, P. N. Uso de bicarbonato de sódio na acidose metabólica do paciente gravemente enfermo. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 31, n. 4, p. 297-306, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0101-28002009000400008>

ROSA, C. S. C. *et al.* Factors associated with leisure-time physical activity among patients undergoing hemodialysis. **BMC Nephrology**, v. 16, 192, 2015. <https://doi.org/10.1186/s12882-015-0183-5>

SANTOS, E. M. C. *et al.* Efeito benéfico da correção da acidose metabólica no estado nutricional de pacientes em hemodiálise. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 31, n. 4, p. 244-251, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0101-28002009000400002>

SANTOS, F. R. *et al.* Efeitos da abordagem interdisciplinar na qualidade de vida e em parâmetros laboratoriais de pacientes com doença renal crônica. **Revista Psiquiatria Clínica**, v. 35, n. 3, p. 87-95, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0101-60832008000300001>

SÃO-JOÃO, T. M. *et al.* Cultural adaptation of the Brazilian version of the Godin-Shephard leisure-time physical activity questionnaire. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 3, p. 479-487, 2013. <https://doi.org/10.1590/s0034-8910.2013047003947>

SAZ-LARA, A. *et al.* Exercise prescription for the prevention and treatment of chronic diseases in primary care: Protocol of the RedExAP study. **PLoS One**, v. 19, n. 7, e0302652, 2024. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302652>

SCHLÜSSEL, M. M.; ANJOS, L. A.; KAC, G. A dinamometria manual e seu uso na avaliação nutricional. **Revista de Nutrição**, v. 21, n. 2, p. 223-235, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732008000200009>

SEGURA-ORTÍ, E. Exercise in haemodialysis patients: a systematic review. **Nefrologia**, v. 30, n. 2, p. 236-246, 2010. <https://doi.org/10.3265/nefrologia.pre2010.jan.10229>

SEGURA-ORTI, E.; KOUFAKI, P.; KOUIDI, E. Bridging the gap from research to practice for enhanced health-related quality of life in people with chronic kidney disease. **Clinical Kidney Journal**, v. 14, Supl. 2, p. ii34-ii42, 2021. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfaa268>

SHU, X. *et al.* Diagnosis, prevalence, and mortality of sarcopenia in dialysis patients: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 13, n. 1, p. 145-158, 2022. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12890>

SILVA, R. S. *et al.* Atividade física e qualidade de vida. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 15, n. 1, p. 115-120, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232010000100017>

SOCOLOSKI, T. S. *et al.* Barreiras para a prática de atividade física em idosos: revisão de escopo de estudos brasileiros. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 26, p. 1-8, 2021. <https://doi.org/10.12820/rbafs.26e0208>

SOUWEINE, J.-S. *et al.* Dynapaenia and sarcopaenia in chronic haemodialysis patients: do muscle weakness and atrophy similarly influence poor outcome? **Nephrology Dialysis Transplantation**, v. 36, n. 10, p. 1908-1918, 2021. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfaa353>

SOUZA, C. C.; SACCO, S. R.; ZAPPA, V. **Distúrbios do equilíbrio ácido-básico: revisão de literatura**. 2008.

SOUZA, V. A. *et al.* Sarcopenia in chronic kidney disease. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 37, n. 1, p. 98-105, 2015. <https://doi.org/10.5935/0101-2800.20150014>

STANIFER, J. W. *et al.* Chronic kidney disease in low- and middle-income countries. **Nephrology Dialysis Transplantation**, v. 31, n. 6, p. 868-874, 2016. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfv466>

STEWART, S. T.; CUTLER, D. M.; ROSEN, A. B. Forecasting the effects of obesity and smoking on U.S. life expectancy. **New England Journal of Medicine**, v. 361, n. 23, p. 2252-2260, 2009. <https://doi.org/10.1056/NEJMs0900459>

VAN VILSTEREN, M. C. B. A.; GREEF, M. H. G.; HUISMAN, R. M. The effects of a low-to-moderate intensity pre-conditioning exercise programme linked with exercise

counselling for sedentary haemodialysis patients in The Netherlands: Results of a randomized clinical trial. **Nephrology Dialysis Transplantation**, v. 20, n. 1, p. 141-146, 2005. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfh560>

VILLANEGO, F. *et al.* Impact of physical exercise in patients with chronic kidney disease: Systematic review and meta-analysis. **Nefrologia**, v. 40, n. 3, p. 237-252, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2020.01.002>

WANG, X. H.; MITCH, W. E. Mechanisms of muscle wasting in chronic kidney disease. **Nature Reviews Nephrology**, v. 10, n. 9, p. 504-516, 2014. <https://doi.org/10.1038/nrneph.2014.112>

WESSON, D. E.; SIMONI, J. Increased tissue acid mediates a progressive decline in the glomerular filtration rate of animals with reduced nephron mass. **Kidney International**, v. 75, n. 9, p. 929-935, 2009. <https://doi.org/10.1038/ki.2009.6>

WILKINSON, T. J. *et al.* Prevalence and correlates of physical activity across kidney disease stages: An observational multicentre study. **Nephrology Dialysis Transplantation**, v. 36, n. 4, p. 641-649, 2021. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfz235>

WILKINSON, T. J. *et al.* Prescribing physical activity and exercise for people with ckd: a practical guide by the global renal exercise network. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**, mar. 2025. <https://doi.org/10.2215/CJN.0000000708>

YAMAMOTO, H. *et al.* Indoxyl sulfate stimulates proliferation of rat vascular smooth muscle cells. **Kidney International**, v. 69, n. 10, p. 1780-1785, 2006. <https://doi.org/10.1038/sj.ki.5000340>

ZHANG, F. *et al.* The “adult inactivity triad” in patients with chronic kidney disease: A review. **Frontiers in Medicine**, v. 10, 1160450, 2023. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1160450>

ZHENG, Y. Clinical effect of physical exercise on disease prevention in college students. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 28, n. 1, p. 50-52, 2022. https://doi.org/10.1590/1517-8692202228012021_0488

APÊNDICES

APÊNDICE 1 TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

APÊNDICE 2 QUESTIONÁRIO REFERENTE À ADEÇÃO A EXERCÍCIOS FÍSICOS
EM CASO DE DOENÇA RENAL CRÔNICA

APÊNDICE 3 VERSÃO BRASILEIRA DO GODIN-SHEPHARD LEISURE-TIME
PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONNAIRE

APÊNDICE 1 TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você, cidadão(a), está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada **Associação entre acidose e alterações musculares em pacientes em terapia hemodialítica crônica: prevalência, fenótipo clínico e laboratorial**, coordenada pelo doutorando Paulo Sergio da Silva. O objetivo principal deste estudo é avaliar a associação da acidose metabólica e alterações musculares em pacientes submetidos à hemodiálise crônica.

Para a efetivação deste estudo, contamos com a sua participação respondendo ao questionário que estará disponível no momento da avaliação. Esse questionário tem como objetivos conhecer o perfil e avaliar o paciente quanto ao seu nível de atividade física, bem como o nível de acidose muscular.

A pesquisa oferece riscos mínimos ao participante. O participante coletará apenas 3 mL de sangue a mais, no momento em que já é coletado sangue para os exames de rotina, para a realização do exame de bicarbonato. Serão realizados a medida de força palmar e exercícios físicos, para avaliar a funcionalidade, e o participante responderá a questionários. Não terá sua imagem publicada nem seu nome revelado, garantindo a privacidade pessoal, e será acompanhado pelo pesquisador durante todo o processo. Os questionários ficarão sob responsabilidade do pesquisador e guardados pelo período de cinco anos.

Esta pesquisa tem como benefício adquirir informações que poderão proporcionar maior entendimento sobre o tratamento de pacientes renais crônicos.

Sua participação é voluntária, e você terá a liberdade de se recusar a responder a qualquer questão que lhe ocasionar constrangimento de alguma natureza. Você também poderá desistir da pesquisa a qualquer momento, sem que a recusa ou a desistência lhe acarrete prejuízo, bem como terá livre acesso aos resultados do estudo e garantido esclarecimento antes, durante e após a pesquisa. É importante salientar que não há despesas pessoais para você em nenhuma fase do estudo. Tampouco há compensação financeira relacionada à sua participação, pois ela é voluntária pós-assinatura. O pesquisador garante indenização por quaisquer danos causados a você, participante, no decorrer da pesquisa. As informações deste termo são importantes e incluem o contato com o pesquisador responsável pela pesquisa.

Você terá a garantia de acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas por meio de telefone e *e-mail* informados neste documento. O pesquisador responsável por esta investigação é **Paulo Sergio da Silva**, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente, da Universidade da Região de Joinville (Univille), orientado pela professora doutora **Daniela Delwing de Lima**, e tendo como coorientador o doutor **Helbert do Nascimento Lima**. Sendo necessário qualquer esclarecimento sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato no horário comercial pelo telefone (47) 99998-9306, por WhatsApp no mesmo telefone, ou pelo *e-mail* paulofisio13@gmail.com.

É garantido o sigilo e assegurada a privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. Os resultados deste estudo poderão ser apresentados por escrito ou oralmente em congressos e revistas científicas, sem que os nomes dos participantes sejam divulgados.

A sua participação em qualquer tipo de pesquisa é voluntária. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Univille, no endereço Rua Paulo Malschitzki, 10, Bairro Zona Industrial, Campus Universitário, CEP 89.219-710, Joinville, SC, telefone (47) 3461-9235, em horário comercial, de segunda a sexta, ou pelo *e-mail* comitetica@univille.br.

Após serem esclarecidas as informações da pesquisa, no caso de aceitar fazer parte do estudo, marque a opção de consentimento de participação que consta do questionário. As informações deste termo são importantes e incluem o contato com o pesquisador responsável pela pesquisa. Orienta-se que você salve como *print* de tela e/ou imprima este documento guardando-o com você por no mínimo cinco anos.

Pesquisador responsável: **Paulo Sergio da Silva**

Consentimento de participação

Eu, _____, concordo voluntariamente em participar da pesquisa intitulada **Associação entre acidose e alterações musculares em pacientes em terapia hemodialítica de crônica: prevalência, fenótipo clínico e laboratorial**, conforme informações contidas neste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Joinville, ____/____/____.

Assinatura do participante

APÊNDICE 2 QUESTIONÁRIO REFERENTE À ADESAO A EXERCÍCIOS FÍSICOS EM CASO DE DOENÇA RENAL CRÔNICA

Área	Questão	Discordo fortemente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Fortemente
Conhecimento (o que sabe)	Fazer alguma atividade física de forma regular pode trazer benefícios para a saúde?					
Atitudes (o que pensa/quer)	Um paciente que faz hemodiálise pode fazer algum tipo de atividade física?					
	O quanto você acha que cada situação abaixo pode ser um empecilho para você fazer atividade física ou continuar a que você já faz: Sentir cansaço Sentir falta de ar Não sentir vontade Sentir dores Faltar tempo Ter medo de se machucar Ter medo de prejudicar a fístula ou o cateter Não ter companhia Não poder pagar para ter acesso à atividade física que gostaria Sentir que a idade não permite mais Não ter lugar para fazer as atividades físicas Precisar de alguém que oriente como fazer Sentir tristeza, sem ânimo O horário da diálise atrapalha Nos dias de diálise, não se sentir bem depois do procedimento					
Crenças (o que acredita)	No seu caso, você acredita que fazer atividade física poderia de alguma forma contribuir para você se sentir melhor ou mais saudável?					
Experiências (o que já tem acontecido)	Desde que você começou a fazer hemodiálise, você já conseguiu manter o hábito de fazer alguma atividade física por mais do que um mês?	() Sim	() Não			
Atitudes (o que faz, fará)	Atualmente, o que você costuma fazer de atividade física? Quantas vezes você faz atividade física na semana? Quantos minutos dura sua atividade física cada vez que você a faz?	Opções				

Nome Completo: _____

Data de início do tratamento: ____/____/____

Clínica de diálise: _____

APÊNDICE 3 VERSÃO BRASILEIRA DO GODIN-SHEPHARD LEISURE-TIME PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONNAIRE

Instruções

Neste Questionário de Atividade Física de Lazer de Godin-Shephard, o indivíduo é solicitado a responder a um questionário acerca de quatro itens sobre seus hábitos de realizar exercícios durante o seu tempo de lazer.

Cálculos

Para a primeira questão, as frequências semanais de atividades intensas, moderadas e leves devem ser multiplicadas por 9, 5 e 3, respectivamente. A atividade de lazer semanal total é calculada em unidades arbitrárias por meio da soma dos produtos de cada componente, como apresentado na fórmula a seguir:

Pontuação da atividade de lazer semanal = $(9 \times \text{intensa}) + (5 \times \text{moderada}) + (3 \times \text{leve})$

A segunda questão tem como finalidade calcular a frequência de atividades de lazer semanais praticadas “por tempo suficiente para causar transpiração” (ver questionário). Exemplo:

Intensa = três vezes / semana;

Moderada = seis vezes / semana;

Leve = 14 vezes / semana.

Pontuação total de atividade de lazer = $(9 \times 3) + (5 \times 6) + (3 \times 14) = 27 + 30 + 42 = 99$

Versão brasileira do Godin-Shephard Leisure-Time Physical Activity Questionnaire

Durante o seu tempo livre, num período de sete dias, quantas vezes (em média) você realiza os seguintes tipos de exercício por mais de 15 minutos?

- Exercícios intensos (o coração bate muito rápido) (por exemplo, correr, jogar tênis, jogar futebol, jogar basquete, praticar judô, nadar muito rápido, andar muito rápido de bicicleta por longas distâncias);

- Exercícios moderados (não cansativos) (por exemplo, fazer caminhada rápida, andar de bicicleta sem muito esforço, jogar vôlei, patinar, nadar sem muito esforço, dançar ao som de música popular ou de salão);
- Exercícios leves (esforço mínimo) (por exemplo, fazer alongamento, pescar à beira de um rio, caminhar com o cachorro, fazer uma caminhada leve)

Durante o seu tempo livre, num período de sete dias, quantas vezes (em média) você realiza alguma atividade regular durante tempo suficiente para ficar suado (e fazer o coração bater muito rápido)?

- Frequentemente
- Às vezes
- Nunca/raramente

Termo de Autorização para Publicação de Teses e Dissertações

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) a disponibilizar em ambiente digital institucional, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/IBICT) e/ou outras bases de dados científicas, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o texto integral da obra abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data 06/08/2025.

1. Identificação do material bibliográfico: (x) Tese () Dissertação () Trabalho de Conclusão

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Autor: Paulo Sérgio da Silva

Orientadora Daniela Delwing de Lima

Coorientador: Helbert do Nascimento Lima

Data de Defesa: 04/07/2025

Título: INFLUÊNCIA DA ACIDOSE NA FORÇA MUSCULAR E FATORES ASSOCIADOS À PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA EM PACIENTES EM HEMODIÁLISE CRÔNICA: ESTUDO TRANSVERSAL

Instituição de Defesa: UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE (UNIVILLE)

3. Informação de acesso ao documento:

Pode ser liberado para publicação integral (X) Sim () Não

Havendo concordância com a publicação eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese, dissertação ou relatório técnico.



Assinatura do autor

Joinville, 06/08/2025

Local/Data

