

## Bioimpedanciometria em avaliações nutricionais e de hidratação em um único centro de diálise

Bioimpedanciometry in nutritional and hydration assessments in a single dialysis center

### Autores

Claudia Zeni<sup>1,2</sup>

Gisele Meinerz<sup>1,2</sup> 

Roger Kist<sup>1,3</sup> 

Catarina Bertaso Andreatta Gottschall<sup>4</sup>

Brunno Brochado Jorge<sup>5</sup> 

João Carlos Goldani<sup>1</sup> 

Elizete Keitel<sup>1,2</sup> 

<sup>1</sup>Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre, Departamento de Nefrologia e Transplante de Rim e Pâncreas, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Patologia, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>4</sup>Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Programa de Graduação em Nutrição, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>5</sup>Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Programa de Iniciação Científica, Porto Alegre, RS, Brasil.

Data de submissão: 02/03/2022.

Data de aprovação: 07/10/2022.

Data de publicação: 05/12/2022.

### Correspondência para:

Gisele Meinerz.

E-mail: giselemeinerz@icloud.com

DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-8239-JBN-2022-0037pt>

### RESUMO

**Antecedentes:** Análise de bioimpedância (BIA) demonstrou adicionar acurácia às avaliações de estado nutricional e de volume em pacientes em diálise (HD). **Objetivo:** descrever amostra de pacientes em diálise de um único centro quanto aos aspectos demográficos e BIA na distribuição de volume e no estado nutricional, e a mortalidade em 12 meses de acompanhamento. **Métodos:** estudo de coorte observacional prospectivo para avaliar pacientes prevalentes em HD com BIA de frequência única. **Resultados:** avaliamos 82 pacientes, 29% acima de 65 anos. Pacientes idosos apresentaram maior AEC/ACT (0,51 vs. 0,44;  $p < 0,0001$ ), e ângulo de fase mais estreito (PhA) (4,9 vs. 6,4°;  $p < 0,0001$ ). Quinze pacientes (18,2%) foram a óbito durante acompanhamento, oito (53%) eram idosos. Óbito foi associado à idade (62,6 vs. 50,2 anos,  $p = 0,012$ ), PhA pós-HD (4,8 vs. 6,2°;  $p = 0,0001$ ), e AEC/ACT pós-HD (0,50 vs. 0,45,  $p = 0,015$ ). A análise da curva ROC para prever mortalidade constatou que  $AEC/ACT \geq 0,47$  e  $PhA \leq 5,5^\circ$  apresentam melhor sensibilidade e especificidade. Sobrevida do paciente em um ano foi menor com  $AEC/ACT$  pós-HD  $\geq 0,47$  (69,5% vs. 90,6%;  $p = 0,019$ ), idade  $\geq 65$  anos (64,2% vs. 86,2%;  $p = 0,029$ ), e  $PhA \leq 5,5^\circ$  (68,2 vs. 91,0%;  $p = 0,002$ ). A análise de regressão de Cox demonstrou que PhA [HR 5,04 (IC 95% 1,60–15,86);  $p = 0,006$ ] permaneceu associado ao óbito após ajuste para idade e AEC/ACT. **Conclusão:** BIA é útil ao avaliar distribuição de volume e nutrição em pacientes em HD, e juntamente com julgamento clínico, pode ajudar a determinar o peso seco, principalmente em pacientes idosos. PhA mais estreito e maior AEC/ACT pós-HD foram associados a pior sobrevida em um ano.

**Descritores:** Impedância Elétrica; Diálise Renal; Composição Corporal; Mortalidade.

### ABSTRACT

**Background:** Bioimpedance analysis (BIA) has been demonstrated to add accuracy to nutritional and volume status assessments in dialysis (HD) patients. **Aim:** to describe a sample of dialysis patients from a single center on their demographics and BIA of volume distribution and nutritional status, and mortality during 12-month follow-up. **Methods:** prospective observational cohort study to evaluate vintage HD patients with single-frequency BIA. **Results:** we evaluated 82 patients, 29% over 65 years old. Elderly patients had higher ECW/TBW (0.51 vs. 0.44,  $p < 0.0001$ ), and narrower phase angle (PhA) (4.9 vs. 6.4°,  $p < 0.0001$ ). Fifteen patients (18.2%) died during follow-up, eight (53%) were elderly. Death was associated with age (62.6 vs. 50.2 years,  $p = 0.012$ ), post-HD PhA (4.8 vs. 6.2°,  $p = 0.0001$ ), and post-HD ECW/TBW (0.50 vs. 0.45,  $p = 0.015$ ). The ROC curve analysis to predict mortality found  $ECW/TBW \geq 0.47$  and  $PhA \leq 5.5^\circ$  to have the best sensitivity and specificity. One-year patient survival was lower with post-HD  $ECW/TBW \geq 0.47$  (69.5% vs. 90.6%,  $p = 0.019$ ), age  $\geq 65$  years (64.2% vs. 86.2%,  $p = 0.029$ ), and  $PhA \leq 5.5^\circ$  (68.2 vs. 91.0%,  $p = 0.002$ ). Cox regression analysis demonstrated that PhA [HR 5.04 (95%CI 1.60–15.86),  $p = 0.006$ ] remained associated with death after adjusting for age and ECW/TBW. **Conclusion:** BIA is useful in assessing volume distribution and nutrition in HD patients, and combined with clinical judgement, may help determine dry weight, especially in elderly patients. Narrower PhA and higher ECW/TBW after HD were associated with poorer one-year survival.

**Keywords:** Electric Impedance; Renal Dialysis; Body Composition; Mortality.



## ANTECEDENTES

Excesso de volume e depleção de volume são duas grandes preocupações em pacientes em hemodiálise (HD)<sup>1</sup>. A avaliação correta do peso seco (PS) e da quantidade de fluido a ser removida em cada sessão de diálise é baseada no julgamento clínico, considerando pressão arterial (PA), edema, dispneia e ganho de peso interdialítico. Tal avaliação é baseada em tentativa e erro<sup>2</sup>, e quando o PS é superestimado o paciente permanece com excesso de fluidos e está sujeito a complicações de longo prazo (hipertrofia ventricular esquerda, hipertensão) e maior risco de mortalidade<sup>3-5</sup>. Quando subestimado, os pacientes podem apresentar hipotensão intradialítica, câibras e confusão mental<sup>5</sup>.

A análise de bioimpedância (BIA) é um método importante e não invasivo para avaliar a composição corporal, e tem sido validado em diferentes populações, incluindo pacientes em diálise<sup>6-10</sup>. As medições de BIA e ângulo de fase (PhA) fornecem informações sobre distribuição de volume e estado nutricional, melhorando a avaliação de desnutrição, fragilidade e sarcopenia<sup>11-13</sup>.

A composição corporal muda com a idade, geralmente com menos massa livre de gordura (MLG) e mais massa gorda (MG), especialmente gordura visceral. Isto modifica ainda mais a distribuição de água corporal, com pacientes idosos apresentando aumento da proporção de água extracelular (AEC) em relação à água corporal total (ACT)<sup>14</sup>. Tais diferenças podem ter impacto na determinação do PS em indivíduos mais velhos e contribuir para as complicações de curto e longo prazo mencionadas acima.

Existem várias definições para volume em excesso, algumas com equações complexas<sup>4,7</sup>. A relação AEC/ACT ajustada é um índice validado que tem sido associado à sobrevida<sup>15</sup>. Nongnuch et al.<sup>16</sup> consideraram dois desvios padrão de AEC/ACT pós-diálise para definir o excesso de fluido ( $\geq 0,41$ ) e outros autores encontraram significância em relações  $\geq 0,47$ <sup>17</sup>.

## OBJETIVO

Este estudo teve como objetivo descrever uma amostra de pacientes em diálise de um único centro quanto ao efeito da demografia, avaliação de bioimpedância da distribuição de volume, e estado nutricional, bem como a mortalidade durante um acompanhamento de 12 meses.

## SUJEITOS E MÉTODOS

*Desenho do estudo:* Este foi um estudo de coorte observacional prospectivo para avaliar a distribuição de volume e o estado nutricional de pacientes prevalentes jovens e idosos em diálise, por meio de BIA, avaliação clínica, medidas antropométricas e dados laboratoriais. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local (número de aprovação 2.494.773), e os pacientes forneceram consentimento informado por escrito antes da inscrição.

*Sujeitos:* Os pacientes foram elegíveis a participar se tivessem mais de 18 anos de idade e estivessem em tratamento de HD de manutenção 3 vezes por semana por pelo menos 3 meses. Os critérios de exclusão foram contraindicações para BIA, incluindo marcapassos ou amputações de membros, doença aguda e não-anuência em participar.

*Avaliação clínica:* Como de costume, os pacientes foram avaliados clinicamente quanto aos sintomas de excesso ou depleção de volume e pressão arterial (PA), peso pré-diálise, ganho de peso interdialítico (GPID), e tiveram o volume de ultrafiltrado (UF) prescrito. Foram registrados eventos intradialíticos. A PA e o peso corporal foram registrados no início e ao final da sessão. Os valores registrados de PA e peso corporal nas semanas anteriores e seguintes foram coletados dos prontuários dos pacientes para garantir que os valores no dia da avaliação de BIA fossem equivalentes aos dos outros dias e não anormalmente acima ou abaixo dos valores normais dos pacientes. Foram utilizados a mesma balança e esfigmomanômetro para todos os pacientes.

*Avaliação de bioimpedância:* A BIA foi realizada imediatamente antes da sessão de diálise e 30 minutos após o término da mesma sessão. Os pacientes encontravam-se em posição supina, e os eletrodos foram colocados no braço sem acesso vascular com o dispositivo BIA 450™ *Bioimpedance Analyzer* (Biodynamics Corporation, EUA) de frequência única (50 kHz). Foram registrados valores de resistência, reactância, ângulo de fase (PhA), massa celular corporal (MCC), massa gorda (MG), massa magra (MM), índice de massa corporal (IMC), água corporal total (ACT), água intracelular (AIC), e água extracelular (AEC).

*Dados adicionais:* As características clínicas e demográficas foram registradas, bem como os medicamentos anti-hipertensivos em uso. Os exames de sangue de rotina coletados na primeira semana do

mês foram analisados para avaliar estado nutricional, hemograma, albumina, creatinina, proteína C reativa e eletrólitos. A força de prensão manual (FPM) foi avaliada usando o *Crown Manual Dynamometer*<sup>®</sup>, de preferência com a mão dominante sem acesso vascular, 3 vezes, registrando-se o valor mais elevado. Complicações clínicas, internações e óbitos foram registrados nos 12 meses seguintes.

**Estatísticas:** As variáveis categóricas são apresentadas como número e %, e comparadas pelos testes qui-quadrado e exato de Fisher. As variáveis contínuas com distribuição normal são apresentadas como média e desvio padrão (DP), e comparadas por testes paramétricos. Variáveis com distribuição não normal são apresentadas como mediana e interquartil 25–75° e comparadas por testes não paramétricos. A correlação entre variáveis contínuas é expressa como *r* e comparada pelos coeficientes de Pearson ou Spearman (não paramétricos). A sobrevida dos pacientes foi avaliada por Kaplan-Meier e as diferenças comparadas

pelo teste de log-rank. Para estimar a magnitude da diferença de sobrevida, utilizamos o modelo de riscos proporcionais de Cox, com intervalo de confiança de 95% (IC). Para estimar o ponto de corte ideal das variáveis associadas à morte, foram utilizadas a curva característica de operação do receptor (ROC) e a análise da área sob a curva (AUC), e a estatística *J* de Youden. Diferenças significativas foram consideradas quando *p* < 0,05. Todas as análises foram realizadas utilizando o SPSS<sup>®</sup> v. 27.

## RESULTADOS

Um total de 82 pacientes foi incluído na análise, 51,2% do sexo masculino, 53,6% caucasianos, 29,2% idosos (≥ 65 anos de idade). Os dados clínicos, demográficos e laboratoriais são apresentados na Tabela 1. O tempo médio de acompanhamento foi de 12,6 ± 4,8 meses.

Peso corporal, PAS e PAD foram comparados antes e após a diálise no dia da avaliação da BIA (D0)

**TABELA 1** CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS E DEMOGRÁFICAS E DADOS LABORATORIAIS DOS PACIENTES EM DIÁLISE

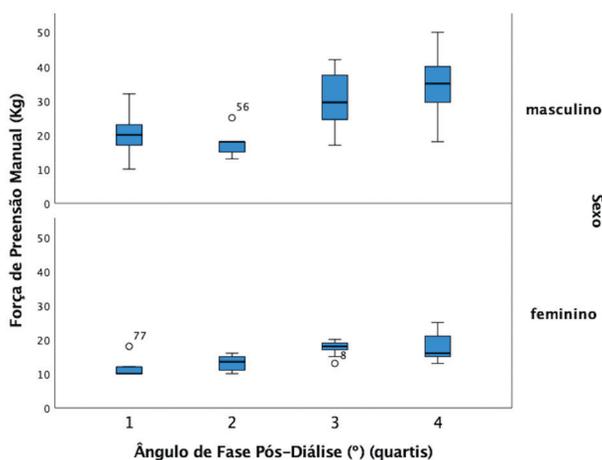
	Total de pacientes (n = 82)	Idade < 65 (n = 58)	Idade ≥ 65 (n = 24)	P
Idade, anos <sup>a</sup>	52,5 ± 17,4	44,1 ± 12,9	72,6 ± 7,3	<b>&lt; 0,0001</b>
Sexo Masculino	42 (51,2%)	28 (48,2%)	14 (58,3%)	0,471
Caucasiano	44 (53,6%)	30 (51,7%)	14 (58,3%)	<b>0,046</b>
Diálise (meses) <sup>b</sup>	40,5 (10,7–79,2)	46,5 (14,0–79,2)	30,0 (9,2–99,7)	0,742
Etiologia da DRC				
Diabetes	10 (12,1%)	4 (6,8%)	6 (25%)	
Hipertensão	22 (26,8%)	13 (22,4%)	9 (37,5%)	
GNC	24 (29,2%)	21 (36,2%)	3 (12,5%)	
DRPA	6 (7,3%)	4 (6,8%)	2 (8,3%)	0,224
Obstrutiva	6 (7,3%)	5 (8,6%)	1 (4,1%)	
Outras	14 (17,0%)	11 (18,8%)	3 (12,5%)	
Diabetes	16 (19,5%)	6 (10,3%)	10 (41,6%)	<b>0,002</b>
Hipertensão	75 (91,4%)	52 (89,6%)	23 (95,8%)	0,667
Insuficiência cardíaca	14 (17,0%)	9 (15,5%)	5 (20,8%)	0,538
Medicamentos anti-HTN				
Nenhum	13 (15,8%)	9 (15,5%)	4 (16,6%)	
1	17 (20,7%)	11 (18,9%)	6 (25%)	
2	29 (35,3%)	22 (37,9%)	7 (29,1%)	0,955
3	14 (17,0%)	10 (17,2%)	4 (16,6%)	
> 4	9 (10,9%)	6 (10,3%)	3 (12,5%)	
Betabloqueadores	36 (43,9%)	30 (51,7%)	6 (25%)	<b>0,030</b>
iECA/BRA	32 (39,0%)	27 (46,5%)	5 (20,8%)	<b>0,046</b>
Bloqueadores dos canais de cálcio	31 (37,8%)	22 (37,9%)	9 (37,5%)	1,000
Vasodilatadores	14 (17,0%)	11 (18,9%)	3 (12,5%)	0,748
Diuréticos	33 (40,2%)	23 (39,6%)	10 (41,6%)	1,000

(Continua)

**TABELA 1** CONTINUA

IMC (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	26,6 ± 6,0	26,5 ± 6,5	26,8 ± 4,9	0,821
Obesidade (IMC ≥ 25)	46 (56%)	30 (51,7%)	16 (66,6%)	0,218
Peso seco (clínico), kg <sup>b</sup>	63 (51,8–85,2)	62,2 (51,8–86,0)	63,0 (51,8–83,7)	0,976
PAS (mmHg) <sup>a</sup> pré-HD	142,1 ± 29,0	143,5 ± 27,4	138,6 ± 33,1	0,491
PAD (mmHg) <sup>a</sup> pré-HD	75,7 ± 21,4	80,2 ± 21,6	65,0 ± 16,6	<b>0,003</b>
Força de prensão manual <sup>b</sup>	18 (15–25)	18 (15–24)	17 (13–26)	0,653
Homem <sup>b</sup>	25 (18–32)	15 (18–36,5)	23 (17–30)	0,250
Mulher <sup>b</sup>	15 (13–18)	16 (13–18,5)	12 (10–15)	<b>0,017</b>
Hemoglobina (g/dL) <sup>b</sup>	10,5 (9,8–11,3)	10,4 (9,3–11,3)	10,9 (9,9–11,4)	0,327
Ferritina (ng/dL) <sup>b</sup>	336 (190–562)	328 (179–530)	363 (207–853)	0,637
Creatinina (mg/dL) <sup>a</sup>	9,8 ± 2,9	10,5 ± 2,9	8,4 ± 2,2	<b>0,004</b>
Cálcio Ionizado (mg/dL) <sup>b</sup>	4,6 (4,3–4,8)	4,6 (4,2–4,8)	4,6 (4,3–4,8)	0,328
Fosfato (mg/dL) <sup>a</sup>	5,5 ± 1,5	5,4 ± 1,6	5,8 ± 1,4	0,328
Albumina (mg/dL) <sup>a</sup>	3,7 ± 0,3	3,7 ± 0,3	3,8 ± 0,3	0,708
Colesterol (mg/dL) <sup>b</sup>	141 (117–170)	134 (115–162)	146 (125–185)	0,326
Triglicérides (mg/dL) <sup>b</sup>	125 (88–182)	125 (88–181)	125 (88–195)	0,788
HDL (mg/dL) <sup>b</sup>	39 (31–49)	38 (28–49)	39 (34–47)	0,937
LDL (mg/dL) <sup>b</sup>	78 (59–93)	72 (57–90)	81 (69–106)	0,321
Proteína C reativa (mg/L) <sup>b</sup>	7,7 (1,8–16,1)	5,5 (1,4–16,0)	8,1 (2,2–20,0)	0,580

DRC: doença renal crônica; GNC: glomerulonefrite crônica; DRPA: doença renal policística do adulto; anti-HTN: anti-hipertensivo; IECA: inibidor da enzima conversora de angiotensina; BRA: bloqueadores de receptores da angiotensina II; IMC: índice de massa corporal; HD: hemodiálise; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; HDL: lipoproteínas de alta densidade; LDL: lipoproteínas de baixa densidade. <sup>a</sup>média ± desvio padrão; <sup>b</sup>mediana (IIQ 25–75).



**Figura 1.** Força de prensão manual e quartis de ângulo de fase pós-diálise, de acordo com o sexo.

com os dias anteriores (D-1, D-2, D-3) e posteriores (D+1, D+2, D+3), e não foram observadas diferenças significativas nos valores medianos para todas as variáveis (dados não mostrados).

A Tabela 1 demonstra que houve mais pacientes idosos com diabetes (41,6% vs. 10,3%;  $p = 0,002$ ) e menos idosos em uso de betabloqueadores (25% vs. 51,7%;  $p = 0,030$ ) e inibidores da ECA ou bloqueadores de receptores da angiotensina (20,8%

vs. 46,5%;  $p = 0,046$ ). Pacientes idosos apresentaram PAD pré-HD significativamente menor ( $65,0 \pm 16,6$  vs.  $80,2 \pm 21,6$  mmHg;  $p = 0,003$ ). A PAD pré-HD não foi significativamente diferente em pacientes com ou sem insuficiência cardíaca (IC) subjacente ( $70,5 \pm 30,1$  vs.  $76,8 \pm 19,2$  mmHg;  $p = 0,316$ ). Exceto para níveis mais baixos de creatinina ( $8,4 \pm 2,2$  vs.  $10,5 \pm 2,9$  mg/dL;  $p = 0,004$ ), não houve diferenças estatísticas nos dados laboratoriais quanto ao estado nutricional entre pacientes jovens e idosos. A FPM foi comparável entre as faixas etárias em geral e significativamente menor em pacientes do sexo feminino mais velhas (Figura 1).

## RESULTADOS DA BIA

A Tabela 2 mostra as avaliações da BIA antes e após a HD em pacientes jovens e idosos.

A avaliação realizada antes da HD demonstrou que pacientes idosos apresentaram menor PhA ( $4,3 \pm 0,9$  vs.  $5,3 \pm 1,0^\circ$ ;  $p < 0,0001$ ), menor AIC [ $14,8$  ( $12,8$ – $19,2$ ) vs.  $16,8$  ( $14,9$ – $24,4$ ) L;  $p = 0,037$ ], menor relação AIC para peso corporal total ( $0,23 \pm 0,02$  vs.  $0,27 \pm 0,05$ ;  $p < 0,0001$ ), e maior AEC/ACT ( $0,53 \pm 0,03$  vs.  $0,48 \pm 0,05$ ;  $p < 0,0001$ ). Essas diferenças permaneceram significativas nas medições pós-HD (Tabela 2).

**TABELA 2** COMPOSIÇÃO CORPORAL, AVALIAÇÃO DO ESTADO HÍDRICO E PRESSÃO ARTERIAL ANTES E APÓS A SESSÃO DE HEMODIÁLISE EM PACIENTES JOVENS E IDOSOS

	Total de pacientes (n = 82)	Idade < 65 (n = 58)	Idade ≥ 65 (n = 24)	P
<b>PRÉ-DIÁLISE</b>				
Peso (kg) <sup>a</sup>	64,3 (54,6–88,1)	63,5 (54,6–88,4)	64,3 (54,3–87,4)	0,930
Massa Magra (kg) <sup>a</sup>	47,2 (38,7–60,3)	47,2 (38,7–63,9)	45,7 (39,4–53,7)	0,404
Massa Gorda (kg) <sup>a</sup>	18,5 (12,5–28,3)	17,1 (11,2–28,1)	20,6 (14,7–29,5)	0,422
MLG (kg) <sup>a</sup>	47,2 (38,7–60,3)	47,2 (38,7–63,9)	45,7 (39,5–53,7)	0,384
ACT (L) <sup>a</sup>	33,6 (28,4–43,3)	34,1 (28,4–44,1)	33,2 (28,4–39,8)	0,429
AEC (L) <sup>a</sup>	17,2 (15,0–22,5)	16,7 (14,4–22,5)	18,0 (15,5–21,6)	0,531
AIC (L) <sup>a</sup>	16,4 (14,2–22,6)	16,8 (14,9–24,4)	14,8 (12,8–19,2)	<b>0,037</b>
ACT/MLG <sup>a</sup>	0,72 (0,71–0,74)	0,72 (0,71–0,75)	0,73 (0,71–0,74)	0,801
AIC/peso corporal total <sup>a</sup>	0,26 (0,22–0,29)	0,27 (0,23–0,31)	0,22 (0,21–0,25)	<b>&lt; 0,0001</b>
AEC/ACT <sup>b</sup>	0,50 ± 0,05	0,48 ± 0,05	0,53 ± 0,03	<b>&lt; 0,0001</b>
UF, prescrito (L) <sup>b</sup>	2,6 ± 1,6	2,8 ± 1,5	2,1 ± 1,5	0,087
Ângulo de Fase (°) <sup>b</sup>	5,0 ± 1,12	5,3 ± 1,0	4,3 ± 0,9	<b>&lt; 0,0001</b>
<b>PÓS-DIÁLISE</b>				
Peso (kg) <sup>a</sup>	63,0 (52,2–85,9)	62,6 (52,2–86,1)	63,0 (51,6–84,6)	0,964
Massa Magra (kg) <sup>a</sup>	42,7 (34,8–54,7)	43,2 (35,5–57,7)	42,0 (34,3–51,5)	0,535
Massa Gorda (kg) <sup>a</sup>	21,1 (14,6–30,3)	19,3 (14,0–29,4)	22,5 (17,9–32,5)	0,458
MLG (kg) <sup>a</sup>	42,3 (34,8–54,7)	42,7 (35,5–53,7)	42,0 (34,3–51,5)	0,553
ACT (L) <sup>a</sup>	31,3 (26,6–38,8)	31,5 (26,7–40,4)	30,6 (25,8–37,4)	0,483
AEC (L) <sup>a</sup>	15,1 (12,5–17,8)	14,3 (11,8–18,2)	15,8 (13,0–17,8)	0,209
AIC (L) <sup>a</sup>	16,2 (14,3–21,6)	16,5 (14,8–23,2)	14,7 (12,3–18,6)	<b>0,018</b>
ACT/MLG <sup>a</sup>	0,73 (0,71–0,76)	0,74 (0,71–0,76)	0,73 (0,71–0,75)	0,532
AIC/peso corporal total <sup>b</sup>	0,26 ± 0,05	0,27 ± 0,05	0,23 ± 0,02	<b>&lt; 0,0001</b>
AEC/ACT <sup>b</sup>	0,46 ± 0,06	0,44 ± 0,05	0,51 ± 0,04	<b>&lt; 0,0001</b>
AEC/ACT ≥ 0,47	41 (50%)	21 (36,2%)	20 (83,3%)	<b>&lt; 0,0001</b>
UF, líquido (L) <sup>b</sup>	2,3 ± 1,2	2,5 ± 1,2	1,9 ± 1,1	<b>0,039</b>
Ângulo de Fase (°) <sup>b</sup>	6,0 ± 1,58	6,4 ± 1,4	4,9 ± 1,3	<b>&lt; 0,0001</b>
Peso seco prescrito atingido	68 (82,9%)	48 (82,7%)	20 (83,3%)	1,000

BIA: análise de bioimpedância. ACT: água corporal total. AIC: água intracelular. AEC: água extracelular. MLG: massa livre de gordura. UF: ultrafiltração. PAS: pressão arterial sistólica. PAD: pressão arterial diastólica. <sup>a</sup>mediana (IIQ 25–75); <sup>b</sup>média ± desvio padrão.

**TABELA 3** ANOVA DA COMPOSIÇÃO CORPORAL PRÉ E PÓS-DIÁLISE, ÂNGULO DE FASE E AVALIAÇÕES DE PRESSÃO ARTERIAL

	Pré-HD n = 82	Pós-HD n = 82	P
Peso (kg) <sup>a</sup>	64,3 (54,6–99,1)	63,0 (52,2–85,9)	0,451
ACT (L) <sup>a</sup>	33,6 (28,4–43,4)	31,3 (26,6–38,8)	<b>0,021</b>
AEC (L) <sup>a</sup>	17,1 (14,9–22,3)	15,1 (12,5–17,8)	<b>&lt; 0,0001</b>
AIC (L) <sup>a</sup>	16,4 (14,2–30,3)	16,2 (14,3–21,6)	0,528
Massa Magra (kg) <sup>a</sup>	47,2 (38,7–60,3)	42,7 (34,8–54,7)	<b>0,022</b>
Mass Gorda (kg) <sup>a</sup>	18,5 (12,5–28,3)	21,1 (14,6–22,6)	0,156
MLG (kg) <sup>a</sup>	47,2 (38,7–60,3)	42,3 (34,8–54,7)	<b>0,020</b>
ACT/MLG <sup>b</sup>	0,73 ± 0,03	0,74 ± 0,04	0,065
AIC/peso corporal total <sup>a</sup>	0,25 (0,22–0,29)	0,25 (0,22–0,30)	0,710
AEC/ACT <sup>b</sup>	0,49 ± 0,05	0,46 ± 0,06	<b>&lt; 0,0001</b>
AEC/ACT ≥ 0,47	58 (70,7%)	41 (50%)	<b>&lt; 0,0001</b>
Ângulo de Fase (°) <sup>b</sup>	5,0 ± 1,1	6,0 ± 1,5	<b>&lt; 0,0001</b>
PAS (mmHg) <sup>b</sup>	141,8 ± 30,7	138,8 ± 28,2	0,512
PAD (mmHg) <sup>b</sup>	76,3 ± 2,14	74,3 ± 17,1	0,505

BIA: análise de bioimpedância. ACT: água corporal total. AEC: água extracelular. AIC: água intracelular. MLG: massa livre de gordura. PAS: pressão arterial sistólica. PAD: pressão arterial diastólica. <sup>a</sup>mediana (IIQ 25–75); <sup>b</sup>média ± desvio padrão.

**TABELA 4** QUARTIS DE ÂNGULO DE FASE PÓS-DIÁLISE E COMPOSIÇÃO CORPORAL E RESULTADOS LABORATORIAIS

	Quartis de Ângulo de Fase				P
	Q1 ( $\leq 4,9$ ) n = 21	Q2 (4,9–5,9) n = 21	Q3 (5,9–7,3) n = 21	Q4 ( $\geq 7,3$ ) n = 19	
Idade, anos <sup>b</sup>	64,8 ± 16,0	48,6 ± 17,9	52,0 ± 12,9	43,4 ± 15,5	<b>&lt; 0,0001</b>
Creatinina (mg/dL) <sup>b</sup>	8,9 ± 2,2	8,9 ± 2,4	10,1 ± 2,5	11,5 ± 3,6	<b>0,013</b>
Albumina (mg/dL) <sup>b</sup>	3,6 ± 0,3	3,7 ± 0,3	3,8 ± 0,3	3,9 ± 0,2	<b>0,020</b>
Proteína C reativa (mg/L) <sup>a</sup>	20 (8,1–28,1)	7,5 (1,6–17,8)	4,4 (1,9–13,7)	3,8 (0,5–13,2)	<b>0,019</b>
ACT (L) <sup>a</sup>	30 (26,2–37,4)	28 (25,2–33,3)	32,1 (27,8–42,1)	35,8 (27,3–42,1)	0,268
AEC (L) <sup>a</sup>	15,9 (14–19,8)	13,4 (11,9–15,6)	15,6 (12,5–19,1)	13,7 (10,8–16,5)	0,056
AIC (L) <sup>a</sup>	14,5 (12–17,6)	14,9 (13,2–17,0)	17,5 (15,1–22,9)	21,6 (15,6–25,3)	<b>&lt; 0,0001</b>
Mass Magra (kg) <sup>a</sup>	41,9 (35–52,7)	36,9 (32,8–46,7)	44,1 (37,1–59,2)	49,9 (36,4–57,2)	0,271
Massa Gorda (kg) <sup>a</sup>	19,9 (14–29)	18,5 (11,2–30,5)	27,9 (18,4–31,5)	18,6 (15–29,6)	0,419
ACT/MLG <sup>a</sup>	0,73 (0,71–0,75)	0,74 (0,72–0,76)	0,73 (0,71–0,76)	0,71 (0,70–0,75)	0,530
AEC/ACT <sup>b</sup>	0,53 ± 0,04	0,47 ± 0,03	0,45 ± 0,03	0,39 ± 0,04	<b>&lt; 0,0001</b>
AEC/ACT $\geq 0,47$	20 (95%)	13 (61,9%)	7 (33,3%)	1 (5,2%)	<b>&lt; 0,0001</b>
Ângulo de Fase (°) <sup>b</sup>	4 ± 0,6	5,5 ± 0,3	6,6 ± 0,4	8 ± 0,8	<b>&lt; 0,0001</b>

ACT: água corporal total. AEC: água extracelular. AIC: água intracelular. MLG: massa livre de gordura. <sup>a</sup>mediana (IIQ 25–75); <sup>b</sup>média ± desvio padrão.

Comparando as medidas de BIA pré e pós-HD, não houve alteração significativa na AIC [16,4 (14,2–30,3) vs. 16,2 (14,3–21,6) L;  $p = 0,52$ ]. Houve uma redução significativa na AEC [17,1 (14,9–22,3) vs. 15,2 (12,5–17,8) L;  $p < 0,0001$ ], massa magra (47,2 vs. 42,7 kg;  $p = 0,022$ ) e AEC/ACT (0,49 ± 0,05 vs. 0,46 ± 0,06;  $p < 0,0001$ ) (Tabela 3).

#### AVALIAÇÕES NUTRICIONAIS

O PhA esteve diretamente correlacionado com albumina ( $r = 0,286$ ;  $p = 0,009$ ), creatinina ( $r = 0,409$ ;  $p < 0,0001$ ), e FPM ( $r = 0,471$ ;  $p < 0,0001$ ), e inversamente correlacionado com ferritina ( $r = -0,230$ ;  $p = 0,038$ ), proteína C reativa ( $r = -0,319$ ;  $p = 0,01$ ), idade ( $r = -0,439$ ;  $p < 0,0001$ ), e AEC/ACT ( $r = -0,829$ ;  $p < 0,0001$ ).

O PhA aumentou significativamente ao comparar as medições pré e pós-HD (5 ± 1,1 vs. 6 ± 1,5°;  $p < 0,001$ ). A Tabela 4 apresenta o PhA pós-HD em quartis, demonstrando uma diferença significativa em idade, proteína C reativa e AEC/ACT (relação inversa), e em creatinina, albumina e AIC (relação direta). Não houve diferença quanto a raça, sexo, hipertensão, diabetes, tempo em diálise, IMC, AIC/peso corporal total (dados não mostrados).

#### EXCESSO DE FLUIDOS, PRESSÃO ARTERIAL E MORTALIDADE

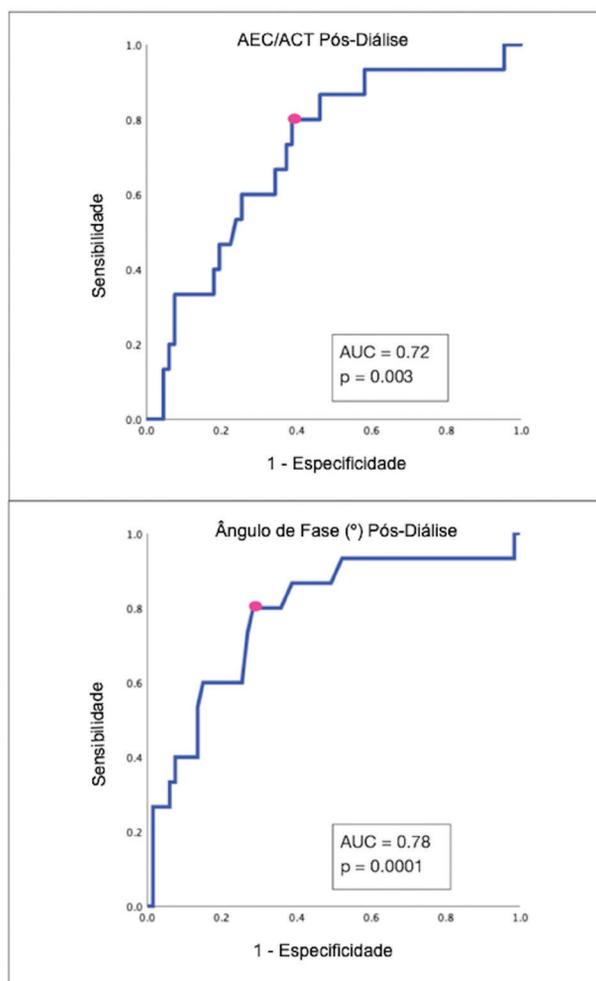
A maioria dos pacientes (83%) foi considerada como tendo atingido o PS prescrito pela avaliação clínica.

Como mostrado acima, os pacientes idosos apresentaram AEC/ACT mais elevada, antes e após a HD.

Quinze pacientes (18,2%) foram a óbito durante o acompanhamento, dois por neoplasias e o restante por doença cardiovascular. O tempo médio de acompanhamento para morte cardiovascular foi de 7,6 ± 4,0 meses. Oito (53%) dos pacientes falecidos eram idosos.

O óbito foi significativamente associado à idade (62,6 ± 17,8 vs. 50,2 ± 16,6 anos;  $p = 0,012$ ), PhA pré-HD (4,3 ± 1,3 vs. 5,2 ± 1,0°;  $p = 0,004$ ), PhA pós-HD (4,8 ± 1,7 vs. 6,2 ± 1,4°;  $p = 0,0001$ ), e AEC/ACT pós-HD (0,50 ± 0,05 vs. 0,45 ± 0,06;  $p = 0,015$ ). AEC/ACT pré-HD não foi significativamente associada ao óbito (0,52 ± 0,05 vs. 0,49 ± 0,05;  $p = 0,055$ ). O óbito foi associado à menor albumina (3,6 ± 0,3 vs. 3,8 ± 0,3 mg/dL;  $p = 0,021$ ), menor creatinina (8,1 ± 1,9 vs. 10,2 ± 2,9 mg/dL;  $p = 0,012$ ), e maior ferritina [462,0 (40–2682) vs 334,0 (18–1414) ng/dL;  $p = 0,019$ ].

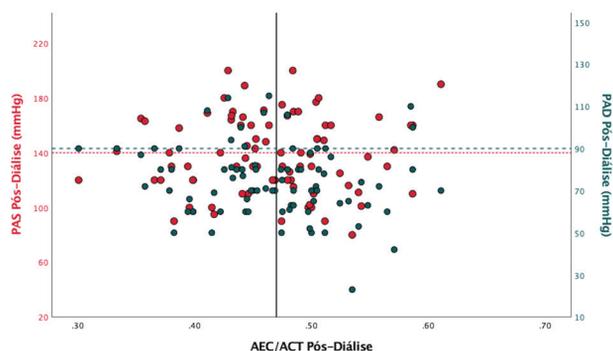
A avaliação da curva característica de operação do receptor (curva ROC) para AEC/ACT pós-HD na previsão de mortalidade foi de 0,72 (IC 95% 60,9–81,3);  $p = 0,003$ . O valor de corte  $\geq 0,47$  forneceu 80% de sensibilidade (IC 95% 51,9–95,7) com 61,2% de especificidade (IC 95% 48,5–72,9), com um escore J de Youden de 0,41. O valor preditivo positivo (VPP) foi de 31,6% (IC 95% 23,8–40,6) e o valor preditivo negativo (VPN) foi de 93,2% (IC 95% 83,0–97,5) (Figura 2).



**Figura 2.** Curva característica de operação do receptor (ROC) para predição de mortalidade. PARTE SUPERIOR: Relação água extracelular pós-diálise para água corporal total (AEC/ACT). PARTE INFERIOR: Ângulo de fase pós-diálise. AUC: área sob a curva.

A avaliação da curva ROC para PhA pós-HD para a predição de mortalidade foi de 0,78 (IC 95% 67,7–86,6),  $p = 0,0001$ . O valor de corte de  $\leq 5,5^\circ$  forneceu 80% de sensibilidade (IC 95% 51,9–95,7) com 71,6% de especificidade (IC 95% 59,3–82,0), com um escore J de Youden de 0,51. O VPP foi de 38,7% (IC 95% 28,6–49,9) e o VPN foi de 94,1% (IC 95% 85,2–97,8) (Figura 2).

A sobrevida foi menor para pacientes com AEC/ACT pós-HD  $\geq 0,47$  (69,5% vs. 90,6%;  $p = 0,019$ ), para pacientes idosos (64,2%, vs. 86,2%;  $p = 0,029$ ), e para pacientes com quartis de PhA pós-HD mais baixos ( $q_1 = 55,5\%$  vs.  $q_2 = 79,2\%$  vs.  $q_3 = 93,3\%$  vs.  $q_4 = 93,8\%$ ;  $p = 0,006$ ). A análise de regressão de Cox demonstrou que apenas o PhA [HR 5,04 (IC 95% 1,60–15,86);  $p = 0,006$ ] permaneceu associado ao óbito após ajuste para idade, AEC/ACT, raça,



**Figura 3.** Gráfico de dispersão da distribuição da relação entre água extracelular pós-diálise e água corporal total (AEC/ACT) para pressão arterial sistólica e diastólica pós-diálise (PAS, PAD).

insuficiência cardíaca, obesidade, IMC, diabetes, hipertensão e colesterol HDL.

O excesso de fluido não foi significativamente associado à hipertensão sistólica ou diastólica. A Figura 3 demonstra que 55% (22/40) dos pacientes com AEC/ACT  $\geq 0,47$  apresentaram pressão arterial sistólica (PAS)  $< 140$  mmHg e 85% (34/40) apresentaram pressão arterial diastólica (PAD)  $< 90$  mmHg. Por outro lado, 54% (23/42) dos pacientes sem excesso de fluido apresentaram PAS  $\geq 140$  mmHg e 26% (11/42) apresentaram PAD  $\geq 90$  mmHg.

## DISCUSSÃO

Apresentamos as características de uma amostra de pacientes adultos prevalentes em HD em um único centro, comparando a distribuição de volume e o estado nutricional entre jovens e idosos por meio da BIA. Em resumo, nosso estudo demonstrou que a AIC foi significativamente menor e a AEC/ACT foi significativamente maior em pacientes idosos. A maioria dos pacientes apresentou excesso de fluido, e a AEC/ACT pós-HD  $\geq 0,47$  foi associada à menor sobrevida. O PhA foi mais estreito em pacientes mais velhos, e foi correlacionado com parâmetros nutricionais e com menor sobrevida.

A BIA é considerada uma ferramenta segura e confiável para avaliar a composição corporal e a distribuição de água, e foi validada em pacientes em HD<sup>1,9</sup>. Diversas equações têm sido propostas para definir o excesso de fluido e permitir comparações e correlações com desfechos clínicos<sup>7,8,18</sup>, mas as diferenças entre equipamentos e populações ainda são um desafio, demandando validação interna. Assim, dados brutos e proporções são uma maneira

interessante de apresentar os achados da BIA, e a repetição das medições ao longo do tempo pode produzir informações mais úteis para cada paciente.

A composição corporal muda com a idade, com uma redução da massa muscular e de massa magra e um aumento da massa gorda. As medições de AIC são utilizadas como uma aproximação da massa celular corporal, um parâmetro importante para avaliar o estado nutricional<sup>19</sup>. No presente estudo, os pacientes idosos apresentaram menor AIC do que os pacientes mais jovens.

Em um estudo transversal, Lee et al.<sup>14</sup> compararam pacientes jovens e idosos em HD usando BIA, e seus achados quanto à composição corporal e PhA são comparáveis aos nossos. Eles demonstraram uma AEC/ACT mais elevada em indivíduos mais velhos e argumentaram que isso pode ser explicado por mais excesso de fluidos e um pior estado nutricional em tais pacientes.

O excesso de fluido é um fator de risco conhecido para mortalidade em pacientes em HD<sup>4</sup>, e a sondagem clínica de peso seco depende principalmente da PA, edema e dispnéia. A maioria dos pacientes com excesso de fluido apresenta PA mais elevada, mas nem todos os pacientes hipertensos apresentam sobrecarga de líquidos<sup>20</sup>. Na população idosa, a rigidez arterial pode elevar a PAS, e a doença cardíaca pode diminuir os valores diastólicos. Assim, o controle da PA por si só pode ser um parâmetro enganoso do estado hídrico nesta população.

Perez-Morales et al.<sup>17</sup> publicaram recentemente um estudo de prova de conceito que constatou que a  $AEC/ACT \geq 0,47$  está associada a maior risco de mortalidade usando a análise da curva ROC. No presente estudo, a  $AEC/ACT \geq 0,47$  foi também o valor de corte com melhor sensibilidade e especificidade para prever mortalidade durante o acompanhamento.

A maioria (83%) dos pacientes idosos em nosso estudo apresentou  $AEC/ACT$  pós-HD  $\geq 0,47$ . Pacientes idosos apresentaram menor PAD pré-HD e 40% eram diabéticos. Um terço dos pacientes mais jovens também apresentou excesso de fluido após a diálise. Castellano et al.<sup>21</sup> identificaram dois subgrupos de pacientes nos quais foi particularmente difícil atingir o equilíbrio hídrico. Um subgrupo foi o de homens diabéticos comórbidos em uso de um grande número de medicamentos anti-hipertensivos. O outro foi de pacientes jovens não diabéticos que não seguem as

recomendações de restrição dietética. Abbas et al.<sup>10</sup> descobriram que pacientes diabéticos apresentaram uma eficiência significativamente menor na remoção de líquidos durante a diálise, possivelmente devido ao comprometimento do reenchimento vascular.

Embora esteja bem estabelecido que a taxa máxima de ultrafiltração não deve ser superior a 12 mL/kg/h<sup>22,23</sup>, vários pacientes apresentaram um ganho de peso interdialítico excessivo, demandando maiores volumes de remoção de fluidos em uma sessão de HD. As restrições de sal e água são uma parte muito importante do tratamento, mas muitos pacientes sofrem para seguir a prescrição dietética<sup>24,25</sup>. Status socioeconômico, desemprego e menor educação formal também contribuem para a não adesão às orientações alimentares<sup>26,27</sup>. Os alimentos ultraprocessados, ricos em sal e aditivos representam uma parcela significativa da ingestão diária dos pacientes<sup>28</sup>. Embora não tenhamos realizado um questionário socioeconômico, reconhecemos que a maioria dos pacientes em nossa unidade tem baixa renda, baixa escolaridade, depende do sistema público de saúde e recebe benefícios da previdência social. A proporção de pacientes com sobrepeso e obesidade e de pacientes hiperfosfatêmicos possivelmente reflete o consumo de alimentos ultraprocessados.

O manejo de fluidos guiado por bioimpedância tem sido associado a melhor controle de volume e PA<sup>29,30</sup>, diminuição da rigidez arterial e do índice de massa ventricular esquerda,<sup>29</sup> e benefícios de sobrevida<sup>1,31</sup>. Wabel et al.<sup>20</sup> classificaram os pacientes em grupos de acordo com sua PAS e estado hídrico, e descreveram que pacientes grosseiramente “hiperidratados” (OH, por sua sigla em inglês) (determinado pela massa do excesso de fluido [MExF] > 2,5L) apresentaram menor probabilidade de atingir a “normohidratação” ao final da HD. Os autores argumentaram que pacientes normotensos “hiperidratados” podem não ser tratados adequadamente porque são percebidos como “normohidratados” ou porque são mais propensos a apresentar sintomas de depleção de volume. Estes sintomas podem ser devidos ao uso de medicação anti-hipertensiva, doença cardíaca subjacente, ou mesmo hipoalbuminemia. A baixa PAS também está associada à mortalidade<sup>32</sup>, possivelmente refletindo insuficiência cardíaca. Alguns pacientes hipertensos podem realmente ter atingido seu equilíbrio de volume e não conseguem melhorar o controle de sua

PA com mais ultrafiltração. No presente estudo, o excesso de fluidos não foi associado à hipertensão sistólica ou diastólica, com uma grande proporção de pacientes considerados com excesso de fluidos mas normotensos, ou com volume adequado e hipertensos.

O PhA é uma medida associada à integridade e vitalidade da membrana celular. O PhA se correlaciona com o estado nutricional e a força muscular<sup>33</sup>. Beberashvili et al.<sup>33</sup> demonstraram que tercís de PhA menores foram associados ao aumento da morbidade e à diminuição da sobrevida em pacientes em HD. PhA é mais estreito com o aumento da idade, e nas mulheres em comparação com os homens<sup>34</sup>. No presente estudo, o PhA foi mais estreito em pacientes mais velhos e significativamente correlacionado com parâmetros nutricionais, tais como albumina, creatinina e FPM. O PhA também foi diretamente correlacionado com a AIC e inversamente com a AEC/ACT, e quartis menores foram associados a maior mortalidade. As medições de PhA pós-HD são mais precisas, pois espera-se que os fluidos e eletrólitos estejam mais equilibrados<sup>35</sup>.

Em uma revisão sistemática, Tabinor et al.<sup>36</sup> analisaram 42 coortes de pacientes com insuficiência renal crônica. Em 31 coortes, o excesso de fluido foi independentemente associado à mortalidade cardiovascular e por todas as causas. Eles também realizaram uma meta-análise de subgrupo com 12 coortes que relataram análises multivariadas com valores de corte semelhantes, e descobriram que uma diminuição de um grau no PhA e um maior excesso de fluido foram ambos fatores preditores de mortalidade, quase dobrando o risco.

Mais recentemente, Wang and Gu<sup>37</sup> realizaram uma meta-análise envolvendo 55 estudos com 104.758 pacientes em HD. Houve um risco aumentado de mortalidade com AEC/ACT > 0,4 (HR 5,912; IC 95%: 2,016–17,342), AEC/AIC para cada aumento de 0,01 (HR 1,041; IC 95%: 1,031–1,051), e MExF/AEC > 15% (HR 2,722; IC 95%: 2,005–3,439). Um aumento de um grau no PhA foi um fator protetor tanto para mortalidade (HR 0,676; IC 95%: 0,474–0,879) quanto para eventos cardiovasculares (HR 0,736; IC 95%: 0,589–0,920).

Estes achados estão de acordo com nosso relatório, demonstrando que as avaliações da BIA de AEC/ACT e PhA podem produzir informações importantes e úteis que podem ter impacto no cuidado ao paciente.

Este estudo apresenta algumas limitações. Primeiro, o pequeno tamanho da amostra pode ter reduzido a capacidade de demonstrar significância estatística em alguns aspectos e não permite extrapolação de nossos achados para outras populações. Em segundo lugar, analisamos apenas um parâmetro basal e não medições seriadas, que poderiam ter sido valiosas para entender a associação entre AEC/ACT e PhA e sobrevida. O ponto forte deste estudo é a grande compilação de dados brutos, separando pacientes jovens e idosos, antes e depois da HD, servindo como base para estudos adicionais para esclarecer a relação entre idade, distribuição de volume e parâmetros nutricionais de pacientes em HD.

Em conclusão, a BIA é uma ferramenta útil para avaliar a distribuição de volume e nutrição em pacientes em HD. É uma avaliação simples e reprodutível, e pode auxiliar na determinação do peso seco ideal juntamente com o julgamento clínico, principalmente em pacientes idosos. PhA mais estreito e AEC/ACT mais elevada após a HD foram associados a uma pior sobrevida em um ano.

## CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram substancialmente para o desenvolvimento deste manuscrito. CZ e EK conduziram a conceptualização, curadoria, análise, administração de dados, redação e revisão do manuscrito. GM contribuiu para curadoria, análise de dados, redação e revisão do manuscrito. RK contribuiu para curadoria e análise de dados. CG contribuiu para a conceptualização, investigação e metodologia. BJ contribuiu para curadoria, investigação de dados e metodologia. JCG contribuiu para a análise, supervisão e revisão do manuscrito.

## CONFLITO DE INTERESSE

Os autores não têm qualquer conflito de interesses a declarar.

## REFERÊNCIAS

1. Onofriescu M, Hogas S, Voroneanu L, Apetrii M, Nistor I, Kanbay M, et al. Bioimpedance-guided fluid management in maintenance hemodialysis: a pilot randomized controlled trial. *Am J Kidney Dis*. 2014;64(1):111-8. doi: <http://dx.doi.org/10.1053/j.ajkd.2014.01.420>. PubMed PMID: 24583055.
2. Wabel P, Chamney P, Moissl U, Jirka T. Importance of whole-body bioimpedance spectroscopy for the management of fluid balance. *Blood Purif*. 2009;27(1):75-80. doi: <http://dx.doi.org/10.1159/000167013>. PubMed PMID: 19169022.
3. Tonelli M, Wiebe N, Culleton B, House AA, Rabbat C, Fok M, et al. Chronic kidney disease and mortality risk: a systematic review. *J Am Soc Nephrol*. 2006;17(7):2034-47. doi: <http://dx.doi.org/10.1681/ASN.2005101085>. PubMed PMID: 16738019.

4. Wizemann V, Wabel P, Chamney P, Zaluska W, Moissl U, Rode C, et al. The mortality risk of overhydration in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant.* 2009;24(5):1574-9. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/gfn707>. PubMed PMID: 19131355.
5. Passauer J, Petrov H, Schleser A, Leicht J, Pucalka K. Evaluation of clinical dry weight assessment in haemodialysis patients using bioimpedance spectroscopy: a cross-sectional study. *Nephrol Dial Transplant.* 2010;25(2):545-51. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/gfp517>. PubMed PMID: 19808949.
6. Basile C, Vernaglion L, Di Iorio B, Bellizzi V, Chimienti D, Lomonte C, et al. Development and validation of bioimpedance analysis prediction equations for dry weight in hemodialysis patients. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2007;2(4):675-80. doi: <http://dx.doi.org/10.2215/CJN.00240107>. PubMed PMID: 17699481.
7. Chamney PW, Wabel P, Moissl UM, Müller MJ, Bopsy-Westphal A, Korth O, et al. A whole-body model to distinguish excess fluid from the hydration of major body tissues. *Am J Clin Nutr.* 2007;85(1):80-9. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ajcn/85.1.80>. PubMed PMID: 17209181.
8. Chazot C, Wabel P, Chamney P, Moissl U, Wieskotten S, Wizemann V. Importance of normohydration for the long-term survival of haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant.* 2012;27(6):2404-10. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/gfr678>. PubMed PMID: 22253067.
9. Covic A, Ciumanghel AI, Sirriopol D, Kanbay M, Dumea R, Gavrilovici C, et al. Value of bioimpedance analysis estimated "dry weight" in maintenance dialysis patients: a systematic review and meta-analysis. *Int Urol Nephrol.* 2017;49(12):2231-45. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11255-017-1698-4>. PubMed PMID: 28965299.
10. Abbas SR, Thijssen S, Penne EL, Raimann JG, Liu L, Sipahioglu MH, et al. Effect of change in fluid status evaluated by bioimpedance techniques on body composition in hemodialysis patients. *J Ren Nutr.* 2018;28(3):183-90. doi: <http://dx.doi.org/10.1053/j.jrn.2017.09.002>. PubMed PMID: 29158062.
11. Saitoh M, Ogawa M, Kondo H, Suga K, Takahashi T, Itoh H, et al. Bioelectrical impedance analysis-derived phase angle as a determinant of protein-energy wasting and frailty in maintenance hemodialysis patients: retrospective cohort study. *BMC Nephrol.* 2020;21(1):438. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s12882-020-02102-2>. PubMed PMID: 33076872.
12. Macedo C, Amaral TF, Rodrigues J, Santin F, Avesani CM. Malnutrition and sarcopenia combined increases the risk for mortality in older adults on hemodialysis. *Front Nutr.* 2021;8:721941. doi: <http://dx.doi.org/10.3389/fnut.2021.721941>. PubMed PMID: 34604279.
13. Zhou H, Yao W, Pan D, Sun G. Predicational ability of phase angle on protein energy wasting in kidney disease patients with renal replacement therapy: a cross-sectional study. *Food Sci Nutr.* 2021;9(7):3573-9. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/fsn3.2310>. PubMed PMID: 34262718.
14. Lee JE, Jo IY, Lee SM, Kim WJ, Choi HY, Ha SK, et al. Comparison of hydration and nutritional status between young and elderly hemodialysis patients through bioimpedance analysis. *Clin Interv Aging.* 2015;10:1327-34. doi: <http://dx.doi.org/10.2147/CIA.S86229>. PubMed PMID: 26316728.
15. Davies SJ, Davenport A. The role of bioimpedance and biomarkers in helping to aid clinical decision-making of volume assessments in dialysis patients. *Kidney Int.* 2014;86(3):489-96. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/ki.2014.207>. PubMed PMID: 24918155.
16. Nongnuch A, Panorchan K, Davenport A. Predialysis NTproBNP predicts magnitude of extracellular volume overload in haemodialysis patients. *Am J Nephrol.* 2014;40(3):251-7. doi: <http://dx.doi.org/10.1159/000368376>. PubMed PMID: 25322897.
17. Perez-Morales R, Donate-Correa J, Martin-Nunez E, Perez-Delgado N, Ferri C, Lopez-Montes A, et al. Extracellular water/total body water ratio as predictor of mortality in hemodialysis patients. *Ren Fail.* 2021;43(1):821-9. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/0886022X.2021.1922442>. PubMed PMID: 33966595.
18. Guo Q, Lin J, Li J, Yi C, Mao H, Yang X, et al. The Effect of fluid overload on clinical outcome in southern Chinese patients undergoing continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Perit Dial Int.* 2015;35(7):691-702. doi: <http://dx.doi.org/10.3747/pdi.2014.00008>. PubMed PMID: 26152580.
19. Çelik G, Oc B, Kara I, Yılmaz M, Yuceaktas A, Apiliogullari S. Comparison of nutritional parameters among adult and elderly hemodialysis patients. *Int J Med Sci.* 2011;8(7):628-34. doi: <http://dx.doi.org/10.7150/ijms.8.628>. PubMed PMID: 22022216.
20. Wabel P, Moissl U, Chamney P, Jirka T, Macheck P, Ponce P, et al. Towards improved cardiovascular management: the necessity of combining blood pressure and fluid overload. *Nephrol Dial Transplant.* 2008;23(9):2965-71. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/gfn228>. PubMed PMID: 18458032.
21. Castellano S, Palomares I, Molina M, Perez-Garcia R, Aljama P, Ramos R, et al. Clinical, analytical and bioimpedance characteristics of persistently overhydrated haemodialysis patients. *Nefrologia.* 2014;34(6):716-23. PubMed PMID: 25415571.
22. Movilli E, Gaggia P, Zubani R, Camerini C, Vizzardì V, Parrinello G, et al. Association between high ultrafiltration rates and mortality in uraemic patients on regular haemodialysis: a 5-year prospective observational multicentre study. *Nephrol Dial Transplant.* 2007;22(12):3547-52. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/gfm466>. PubMed PMID: 17890254.
23. Flythe JE, Kimmel SE, Brunelli SM. Rapid fluid removal during dialysis is associated with cardiovascular morbidity and mortality. *Kidney Int.* 2011;79(2):250-7. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/ki.2010.383>. PubMed PMID: 20927040.
24. Beerappa H, Chandrababu R. Adherence to dietary and fluid restrictions among patients undergoing hemodialysis: an observational study. *Clin Epidemiol Glob Health.* 2019;7(1):127-30. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cegh.2018.05.003>.
25. Opiyo RO, Nyasulu PS, Olenja J, Zunza M, Nguyen KA, Bukania Z, et al. Factors associated with adherence to dietary prescription among adult patients with chronic kidney disease on hemodialysis in national referral hospitals in Kenya: a mixed-methods survey. *Renal Replacement Therapy.* 2019;5(1):41. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s41100-019-0237-4>.
26. Nerbass FB, Correa D, Santos RGD, Kruger TS, Sczip AC, Vieira MA, et al. Perceptions of hemodialysis patients about dietary and fluid restrictions. *J Bras Nefrol.* 2017;39(2):154-61. doi: <http://dx.doi.org/10.5935/0101-2800.20170031>. PubMed PMID: 29069241.
27. Beerendrakumar N, Ramamoorthy L, Haridasan S. Dietary and fluid regime adherence in chronic kidney disease patients. *J Caring Sci.* 2018;7(1):17-20. doi: <http://dx.doi.org/10.15171/jcs.2018.003>. PubMed PMID: 29637052.
28. Wendling AL, Balbino KP, Ribeiro PVM, Epifânio APS, Marota LD, Hermsdorff HHM. Processed and ultra-processed food consumption are related to metabolic markers in hemodialysis subjects. *Rev Nutr.* 2020;33:e190138. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-9865202033e190138>.
29. Hur E, Usta M, Toz H, Asci G, Wabel P, Kahvecioglu S, et al. Effect of fluid management guided by bioimpedance spectroscopy on cardiovascular parameters in hemodialysis patients: a randomized controlled trial. *Am J Kidney Dis.* 2013;61(6):957-65. doi: <http://dx.doi.org/10.1053/j.ajkd.2012.12.017>. PubMed PMID: 23415416.
30. Moissl U, Arias-Guillen M, Wabel P, Fontserè N, Carrera M, Campistol JM, et al. Bioimpedance-guided fluid management in hemodialysis patients. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2013;8(9):1575-

82. doi: <http://dx.doi.org/10.2215/CJN.12411212>. PubMed PMID: 23949235.
31. Kim YJ, Jeon HJ, Kim YH, Jeon J, Ham YR, Chung S, et al. Overhydration measured by bioimpedance analysis and the survival of patients on maintenance hemodialysis: a single-center study. *Kidney Res Clin Pract.* 2015;34(4):212-8. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.krcp.2015.10.006>. PubMed PMID: 26779424.
32. Dekker M, Konings C, Canaud B, Carioni P, Guinsburg A, Madero M, et al. Pre-dialysis fluid status, pre-dialysis systolic blood pressure and outcome in prevalent haemodialysis patients: results of an international cohort study on behalf of the MONDO initiative. *Nephrol Dial Transplant.* 2018;33(11):2027-34. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/gfy095>. PubMed PMID: 29718469.
33. Beberashvili I, Azar A, Sinuani I, Shapiro G, Feldman L, Stav K, et al. Bioimpedance phase angle predicts muscle function, quality of life and clinical outcome in maintenance hemodialysis patients. *Eur J Clin Nutr.* 2014;68(6):683-9. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/ejcn.2014.67>. PubMed PMID: 24736681.
34. Chertow GM, Lazarus JM, Lew NL, Ma L, Lowrie EG. Bioimpedance norms for the hemodialysis population. *Kidney Int.* 1997;52(6):1617-21. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/ki.1997.493>. PubMed PMID: 9407508.
35. Ikizler TA, Burrowes JD, Byham-Gray LD, Campbell KL, Carrero JJ, Chan W, et al. KDOQI clinical practice guideline for nutrition in CKD: 2020 update. *Am J Kidney Dis.* 2020;76(3, Suppl. 1):S1-107. doi: <http://dx.doi.org/10.1053/j.ajkd.2020.05.006>. PubMed PMID: 32829751.
36. Tabinor M, Elphick E, Dudson M, Kwok CS, Lambie M, Davies SJ. Bioimpedance-defined overhydration predicts survival in end stage kidney failure (ESKF): systematic review and subgroup meta-analysis. *Sci Rep.* 2018;8(1):4441. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-21226-y>. PubMed PMID: 29535377.
37. Wang Y, Gu Z. Effect of bioimpedance-defined overhydration parameters on mortality and cardiovascular events in patients undergoing dialysis: a systematic review and meta-analysis. *J Int Med Res.* 2021;49(9):3000605211031063. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/03000605211031063>. PubMed PMID: 34496645.