HOSPITAL DE CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE
PROGRAMA DE RESIDÊNCIA MÉDICA EM ECOCARDIOGRAFIA

MARIANA DE CASTRO LOPES

INTEGRAL VELOCIDADE-TEMPO DA VIA DE SAÍDA DO VENTRÍCULO ESQUERDO COMO MARCADOR DE DESEMPENHO CARDÍACO NA ECOCARDIOGRAFIA: PERSPECTIVAS A PARTIR DE DADOS DE MORTALIDADE DA COORTE ELSA-BRASIL.

Porto Alegre
2025

MARIANA DE CASTRO LOPES

INTEGRAL VELOCIDADE-TEMPO DA VIA DE SAÍDA DO VENTRÍCULO ESQUERDO COMO MARCADOR DE DESEMPENHO CARDÍACO NA ECOCARDIOGRAFIA: PERSPECTIVAS A PARTIR DE DADOS DE MORTALIDADE DA COORTE ELSA-BRASIL.

Trabalho de Conclusão de Residência apresentado ao Programa de Residência Médica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre como requisito parcial para a obtenção do título de especialista em Ecocardiografia.

Orientadora: Dra. Angela B.S. Santos
Coorientador: Dr. Murilo Foppa

Porto Alegre

2025

CIP - Catalogação na Publicação

Lopes, Mariana de Castro
INTEGRAL VELOCIDADE-TEMPO DA VIA DE SAÍDA DO VENTRÍCULO ESQUERDO COMO MARCADOR DE DESEMPENHO CARDÍACO NA ECOCARDIOGRAFIA: PERSPECTIVAS A PARTIR DE DADOS DE MORTALIDADE DA COORTE ELSA-BRASIL / Mariana de Castro Lopes. -- 2025.
22 f.
Orientadora: Ângela B. S. Santos.

Coorientadora: Murilo Foppa.

Trabalho de conclusão de curso (Especialização) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Residência Médica em Ecocardiografia, Porto Alegre, BR-RS, 2025.

1. Integral Tempo-Velocidade da Via de Saída do Ventrículo Esquerdo (VTI da VSVE). 2. Ecocardiografia. 3. Estratificação de risco. 4. Mortalidade. 5. População saudável. I. Santos, Ângela B. S., orient. II. Foppa, Murilo, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

RESUMO

A ecocardiografia transtorácica (ETT) é amplamente utilizada para avaliar a função cardíaca e a hemodinâmica, sendo o débito cardíaco uma métrica central nesses contextos. Embora parâmetros tradicionais combinem múltiplas variáveis, o diâmetro da via de saída do ventrículo esquerdo (VSVE) é uma importante fonte de erro, tornando a integral da velocidade-tempo (VTI) da VSVE um possível marcador mais simples e robusto do desempenho cardíaco, potencialmente independente do biotipo. Estudos prévios mostraram que VTI reduzido se associa a piores desfechos em insuficiência cardíaca, embolia pulmonar, insuficiência mitral secundária e doença coronária estável, mas seu papel prognóstico em populações assintomáticas permanece pouco explorado. Este estudo avaliou a associação entre VTI e mortalidade na coorte ELSA-Brasil. Foram incluídos 2.237 adultos submetidos a ETT entre 2008 e 2010. A média de VTI foi de 19,6 ± 4,0 cm; 11% tinham VTI menor que 15 cm. Ao longo de 11 anos de seguimento ocorreram 199 óbitos (8,9%). A mortalidade foi maior entre indivíduos com VTI menor de 15 cm (12,6% vs 8,4%; p = 0,026). Em modelos multivariados, VTI reduzido permaneceu associado a maior risco de morte, independentemente de idade, sexo e variáveis hemodinâmicas. O VTI mostrou relação fraca com medidas de biotipo corporal.
Conclui-se que VTI inferior a 15 cm associa-se a maior mortalidade em adultos assintomáticos, sugerindo utilidade como ferramenta simples de estratificação de risco cardiovascular.

P a lavras-chave: Integral Tempo-Velocidade da via de saída do ventrículo esquerdo (VTI da VSVE); ecocardiografia; estratificação de Risco; mortalidade; população saudável.

ABSTRACT

Transthoracic echocardiography (TTE) is widely used to assess cardiac function and hemodynamics, with cardiac output being a central metric in these evaluations. Although traditional parameters rely on multiple variables, the diameter of the left ventricular outflow tract (LVOT) represents a major source of measurement error, making the LVOT Velocity–Time Integral (VTI) a potentially simpler and more robust marker of cardiac performance, possibly independent of body habitus. Previous studies have shown that reduced VTI is associated with adverse outcomes in heart failure, pulmonary embolism, secondary mitral regurgitation, and stable coronary artery disease; however, its prognostic role in asymptomatic populations remains insufficiently explored. This study evaluated the association between VTI and mortality in the ELSA-Brasil cohort. A total of 2,237 adults who underwent TTE between 2008 and 2010 were included. The mean VTI was 19.6 ± 4.0 cm, and 11% of participants had a VTI <15 cm. Over 11 years of follow-up, 199 deaths occurred (8.9%). Mortality was higher among individuals with VTI <15 cm (12.6% vs. 8.4%; $p = 0.026$). In multivariable models, reduced VTI remained independently associated with higher mortality risk after adjustment for age, sex, and hemodynamic variables. VTI demonstrated weak correlation with anthropometric measures. In conclusion, a VTI <15 cm was associated with higher mortality in asymptomatic adults, suggesting its potential utility as a simple tool for cardiovascular risk stratification.

Keywords: Left ventricular outflow tract Velocity–Time Integral (LVOT VTI); echocardiography; risk stratification; mortality; healthy population.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curvas de sobrevida de Kaplan-Meier de acordo com a categoria da VTI VSVE (<15 cm vs. ≥15 cm) 18
Figura 2 - Fluxograma da amostra da coorte ELSA-Brasil 19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características basais da população 20
Tabela 2 – Regressão de Cox univariada para mortalidade na população estudada 21
Tabela 3 – Modelos multivariados de riscos proporcionais de Cox para mortalidade geral segundo o VTI da VSVE (<15 cm vs. ≥15 cm) 22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DC	débito cardíaco
ELSA-Brasil	Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto-Brasil
ETT	ecocardiografia transtorácica
FEVE	fração de ejeção do ventrículo esquerdo
IC	insuficiência cardíaca
ICFEr	insuficiência cardíaca com fração de ejeção reduzida
TEP	tromboembolismo pulmonar
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
VTI	Integral Velocidade-Tempo
VTI VSVE	Integral Velocidade-Tempo da via de saída do ventrículo esquerdo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃo **10**

1.1 JUSTIFICATIVA **11**

1.2 OBJETIVOS **12**

1.2.1 Objetivo geral **12**

1.2.2 Objetivos específicos **12**

2 MÉTODOS **13**

3 ARTIGO **14**

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS **16**

REFERÊNCIAS **17**

ANEXO A – FIGURAS **18**

ANEXO B – TABELAS **20**

1 INTRODUÇÃo

A ecocardiografia transtorácica (ETT) é uma ferramenta amplamente conhecida para avaliação da função cardíaca e do status hemodinâmico. As funções sistólica e diastólica são medidas usuais do ventrículo esquerdo enquanto o débito cardíaco (DC) é mais frequentemente utilizado nas unidades de terapia intensiva (UTI) ou no laboratório de hemodinâmica. Parâmetros obtidos na ETT como a integral da velocidade-tempo da via de saída do ventrículo esquerdo (VTI VSVE) e a área da VSVE juntamente com a superfície corporal e a frequência cardíaca estimam de forma não-invasiva o débito cardíaco. No entanto, a acurácia dessas medidas reduz com a inclusão de múltiplas covariáveis. Entre elas, o diâmetro da VSVE é identificado como a principal causa de erro [1]. Por outro lado, a medida isolada da VTI VSVE representa um substituto mais simples e reprodutível da performance cardíaca além de sua aplicabilidade independer de superfície corporal.

Entre pacientes com insuficiência cardíaca com fração de ejeção reduzida (ICFEr), valores de VTI VSVE abaixo de 12 cm [2] ou 8 cm [3] estão associados com piores desfechos cardiovasculares, com um incremento no risco conforme este valor diminui [3]. Igualmente, em pacientes com tromboembolismo pulmonar (TEP) de intermediário a alto risco, uma VTI VSVE $\leq$ 15 cm está associada com maior mortalidade intra-hospitalar, parada cardíaca, choque e necessidade de terapias de reperfusão [4]. No cenário da insuficiência mitral secundária, VTI VSVE $\leq$ 17 cm prediz maior mortalidade geral e cardiovascular [5] e em adultos acompanhados ambulatorialmente com doença coronariana estável, VTI VSVE $\leq$ 18 cm está associada a hospitalização por insuficiência cardíaca (IC) e mortalidade [6]. A despeito destes resultados, os dados são limitados quanto o prognóstico da VTI VSVE na população geral assintomática.

1.1 JUSTIFICATIVA

Apesar da VTI VSVE ser um parâmetro ecocardiográfico reconhecido por refletir o desempenho cardíaco e por apresentar valor prognóstico em diferentes doenças cardiovasculares, seu papel em indivíduos assintomáticos permanece pouco explorado. Até o momento, não existem evidências sobre a predição da VTI VSVE em mortalidade ou desfechos clínicos em populações assintomáticas da comunidade. Dessa forma, torna-se necessária a investigação sobre se valores reduzidos de VTI conferem risco aumentado na população geral assintomática.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a associação entre a integral velocidade-tempo da via de saída do ventrículo esquerdo (VTI VSVE) e a mortalidade em adultos assintomáticos participantes da coorte ELSA-Brasil.

1.2.2 Objetivos específicos

Estimar a prevalência de valores reduzidos de VTI (<15 cm) em uma população adulta saudável submetida à ecocardiografia transtorácica.

Comparar as características clínicas, antropométricas e ecocardiográficas entre indivíduos com VTI <15 cm e ≥15 cm.

Avaliar a associação entre VTI reduzido e mortalidade por todas as causas por meio de modelos de regressão de Cox.

Examinar a independência da associação entre VTI e mortalidade após ajustes por idade, sexo e variáveis hemodinâmicas.

2 MÉTODOS

Este estudo baseia-se na análise do Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto (ELSA-Brasil), uma coorte multicêntrica composta por 15.105 servidores públicos, com idades entre 35 e 74 anos, recrutados entre 2008 e 2010 em seis cidades brasileiras. A subamostra ecocardiográfica foi composta por 3.267 participantes, incluindo uma subamostra aleatória predefinida de 10% de toda a coorte (n=1.172) e todos os indivíduos com idade ≥60 anos (n=2.095). Para a presente análise, foram incluídos 2.237 participantes com informações ecocardiográficas e clínicas completas. O desfecho primário foi mortalidade por todas as causas, obtida por meio de monitoramento telefônico anual e confirmada pelos registros nacionais de estatísticas vitais. O estudo ELSA-Brasil segue os princípios da Declaração de Helsinki e foi aprovado pelos comitês de ética em pesquisa das instituições participantes. Todos os participantes forneceram consentimento informado por escrito.

A ecocardiografia transtorácica foi realizada por técnicos treinados, seguindo as recomendações da American Society of Echocardiography. As medidas incluíram fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE), integral velocidade-tempo da via de saída do ventrículo esquerdo (VTI VSVE), débito cardíaco, índice cardíaco e volume sistólico indexado pela superfície corporal. Todos os exames foram armazenados digitalmente e revisados centralmente para controle de qualidade.

As variáveis contínuas foram expressas como média ± DP, enquanto as variáveis categóricas foram apresentadas como contagens e percentuais. As comparações entre grupos foram realizadas usando o teste t de Student para variáveis contínuas e o teste do qui-quadrado para variáveis categóricas. A sobrevida cumulativa ao longo do período de seguimento foi estimada pelo método de Kaplan–Meier, com curvas comparadas pelo teste log-rank. Modelos de riscos proporcionais de Cox foram utilizados para as análises multivariadas. Além de idade e sexo, todas as variáveis com $p<0,001$ na análise univariada foram incluídas no modelo. O pressuposto de riscos proporcionais foi avaliado para todas as análises, sem evidências de violação. A correlação de Pearson foi utilizada para testar a associação de VTI VSVE com medidas de biotipo corporal. Análises de sensibilidade foram conduzidas, incluindo parâmetros hemodinâmicos adicionais (FEVE, índice cardíaco e volume sistólico indexado). Todas as análises foram realizadas no Stata versão 17 (StataCorp, College Station, TX, EUA), adotando-se $p<0,05$ (bicaudal) como estatisticamente significativo.

REFERÊNCIAS

1. **GOLDMAN, J. H.** et al. Usefulness of stroke distance by echocardiography as a surrogate marker of cardiac output that is independent of gender and size in a normal population. *American Journal of Cardiology*, v. 87, n. 4, p. 449–453, 2001.

2. **DINI, F. L.** et al. Left ventricular outflow indices in chronic systolic heart failure: thresholds and prognostic value. *Echocardiography*, v. 42, n. 2, p. 123–131, 2025.

3. **TAN, C.** et al. Left ventricular outflow tract velocity time integral outperforms ejection fraction and Doppler-derived cardiac output for predicting outcomes in a select advanced heart failure cohort. *Cardiovascular Ultrasound*, v. 15, n. 1, p. 10, 2017.

4. **YURIDITSKY, E.** et al. Low left ventricular outflow tract velocity time integral is associated with poor outcomes in acute pulmonary embolism. *Vascular Medicine*, v. 24, n. 6, p. 512–518, 2019.

5. **GENTILE, F.** et al. Left ventricular outflow tract velocity-time integral improves outcome prediction in patients with secondary mitral regurgitation. *International Journal of Cardiology*, v. 386, p. 1–7, 2023.

6. **RISTOW, B.** et al. Left ventricular outflow tract and pulmonary artery stroke distances independently predict heart failure hospitalization and mortality: the Heart and Soul Study. *Journal of the American Society of Echocardiography*, v. 24, n. 5, p. 565–572, 2011.

7. **MILL, J. G.** et al. Medical assessments and measurements in ELSA-Brasil. *Revista de Saúde Pública*, v. 47, supl. 2, p. 54–62, 2013.

ANEXO A – FIGURAS

Figura 1 – Curvas de sobrevida de Kaplan-Meier de acordo com a categoria da VTI VSVE (<15 cm vs. ≥15 cm)

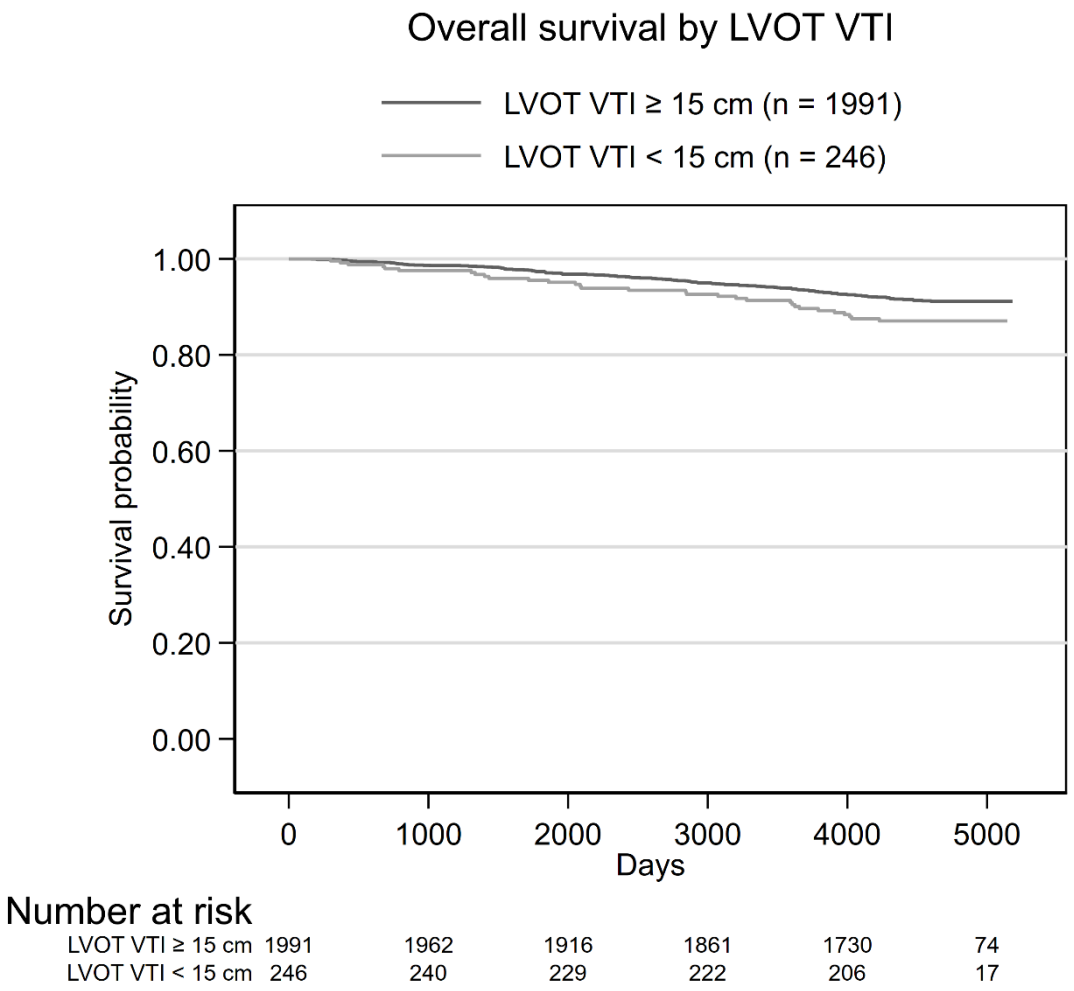
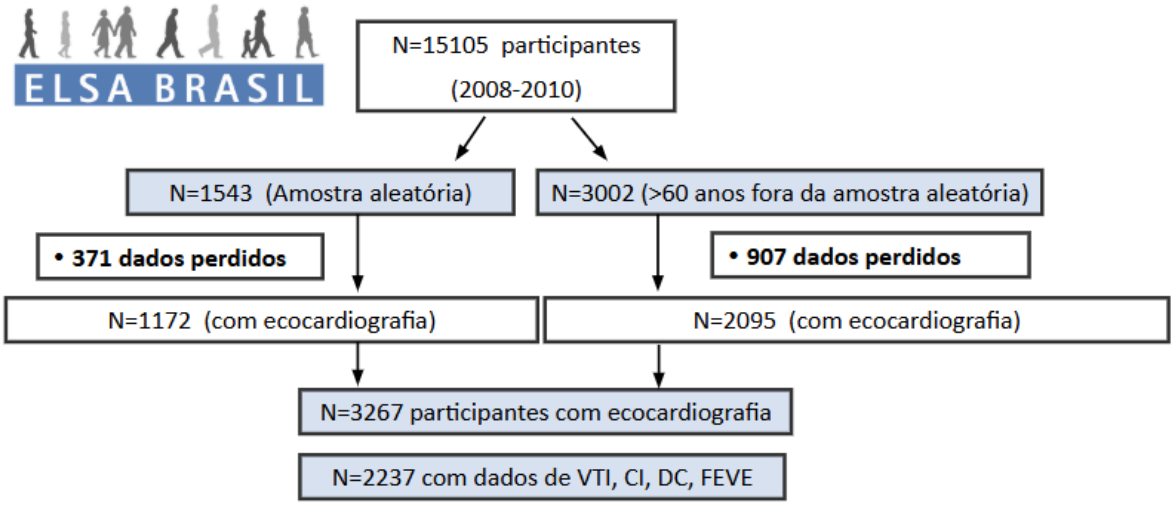


Figura 2 – Fluxograma da amostra da coorte ELSA-Brasil



ANEXO B – TABELAS

Tabela 1 – Características basais da população

	Total N = 2,237	VTI VSVE <15 cm N = 246	VTI VSVE ≥ 15 cm N = 1,991	p-valor
Sexo masculino (%)	1028 (46)	157 (64)	871 (44)	<0.001
Idade (anos)	58.6 ± 9	57 ± 9.9	58.8 ± 8.9	0.009
Frequência cardíaca (bpm)	67 ± 10	73.9 ± 11.6	66.7 ± 10.1	<0.001
PAS	125.1 ± 18.8	126.1 ± 18.3	125 ± 18.8	0.38
PAD	76.1 ± 10.7	78.8 ± 11.1	75.8 ± 10.7	<0.001
Altura (cm)	163.9 ± 9.3	165.9 ± 9.7	163.7 ± 9.3	<0.001
Peso (kg)	72 ± 13.5	72.4 ± 13.6	71.9 ± 13.6	0.57
Área de superfície corporal (m²)	1.77 ± 0.19	1.79 ± 0.2	1.77 ± -0.19	0.073
Índice de massa corporal (kg/m²)	26.5 ± 4.2	25.9 ± 3.55	26.6 ± 4.12	0.11
Hipertensão (%)	1019 (45.6)	119 (48)	900 (45)	0.364
Diabetes (%)	459 (20.5)	53 (21)	406 (20)	0.675
FEVE (%)	66 ± 8.2	60.5 ± 11.7	67.1 ± 7.3	<0.001
VS indexado (mL/m²)	32.8 ± 8.7	25.3 ± 5.9	33.8 ± 8.5	<0.001
Débito cardíaco (L/min)	3.89 ± 1.1	3.3 ± 0.98	3.9 ± 1.1	<0.001
Índice cardíaco (L/min/m²)	2.19 ± 0.58	1.8 ± 0.5	2.2 ± 0.59	<0.001

Variáveis contínuas estão expressas como média ± DP e variáveis categóricas como número (percentagem). PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; VS: volume sistólico; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo.

Tabela 2 – Regressão de Cox univariada para mortalidade na população estudada

	Modelo não ajustado	
	HR (95% IC)	p-valor
Sexo masculino	2.72 (2.02-3.67)	<0.001
Idade (anos)	1.1 (1.07-1.12)	<0.001
Frequência cardíaca (bpm)	1.03 (1.02-1.04)	<0.001
PAS	1.02 (1.02-1.03)	<0.001
PAD	1.02 (1.01-1.03)	<0.001
ASC (m²)	2.03 (1.01-4.1)	0.048
FEVE < 50%	5.50 (3.61-8.36)	<0.001
VTI VSVE < 15 cm	1.54 (1.05-2.26)	0.027
VS indexado (L/min/m²)	1.01 (0.99-1.03)	0.221

PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; ASC: área de superfície corporal; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; VTI VSVE: Integral Velocidade-Tempo da via de saída do ventrículo esquerdo; VS: volume sistólico.

Tabela 3 - Modelos multivariados de riscos proporcionais de Cox para mortalidade geral segundo o VTI da VSVE (<15 cm vs. ≥15 cm)

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
	HR (95% IC), p-valor		
Idade (anos)	1.09 (1.07–1.12), p < 0.001	1.09 (1.07–1.12), p < 0.001	1.08 (1.06–1.11), p < 0.001
Sexo masculino	2.58 (1.91–3.50), p < 0.001	2.70 (1.90–3.84), p < 0.001	2.47 (1.74–3.52), p < 0.001
VTI VSVE <15 cm	1.48 (CI 1.00–2.18), p = 0.048	1.48 (1.00–2.17), p = 0.048	1.46 (0.99–2.15), p = 0.053
ASC (m²)	—	0.81 (0.34–1.92), p = 0.637	0.83 (0.35–1.98), p = 0.682
PAS (mmHg)	—	—	1.01 (1.01–1.02), p < 0.001
p (modelo)	<0.001	<0.001	<0.001

VTI VSVE: Integral Velocidade-Tempo da via de saída do ventrículo esquerdo; ASC: área de superfície corporal; PAS: pressão arterial sistólica.