

# Variabilidade de Frequência Cardíaca e Análise das Variações das Ondas RR, uma mini revisão de literatura

Osvaldo Soares de Araújo Júnior<sup>1</sup>, Júlia Kálida Diniz<sup>1</sup>, Carolina Ander de Oliveira Elias<sup>1</sup>, Anna Luiza Borges Saraiva<sup>1</sup>, Guilherme Soares Pimenta Barbosa<sup>1</sup>, Claudinei Sousa Lima<sup>2</sup>

1. Discente do curso de Medicina do Centro Universitário UniEVANGÉLICA.

2. Docente curso de Medicina do Centro Universitário UniEVANGÉLICA.

**RESUMO:** A variabilidade de frequência cardíaca (VFC) está intimamente ligada ao domínio do Sistema Nervoso Autônomo (SNA), é um tópico de pesquisa de grande relevância na área de fisiologia cardiovascular. A análise das variações das ondas RR tem sido amplamente utilizada para investigar a complexidade e a dinâmica do sistema cardiovascular. Este estudo tem como objetivo analisar e sintetizar os principais achados dos aspectos relacionados à VFC como indicador de risco cardiovascular e sua aplicabilidade clínica. Foi realizada uma mini revisão integrativa, utilizando as bases de dados PubMed e SciELO, com base nas palavras-chave: “Frequência Cardíaca”; “Sistema Nervoso Autônomo”; “Heart Rate”; “Physiological Adaptation”; “Autonomic Nervous System”.

Os estudos analisados destacam a VFC como um marcador versátil para diversas condições clínicas e de desempenho. Foi estudado sua eficácia em prever a sobrevivência pós-infarto, além de ser um indicador valioso na avaliação de pacientes pós-transplante cardíaco. Na esfera do esporte, a VFC se correlaciona com a eficácia do treinamento intermitente, influenciando a performance de atletas. A capacidade cardiorrespiratória, avaliada através da VFC, também demonstra impacto significativo na recuperação cardíaca pós-exercício. Além disso, a VFC surge como um potencial indicador psicofisiológico de estresse, com aplicações que se estendem para além da clínica médica, abordando a saúde mental e o impacto psicossomático de estressores. Assim, a VFC é reconhecida por sua função diagnóstica e preditiva, contribuindo para aprimorar o acompanhamento clínico e as estratégias terapêuticas, tanto no âmbito da cardiologia quanto no monitoramento do bem-estar e da capacidade adaptativa ao estresse.

**Palavras-chave:**

Frequência Cardíaca. Sistema Nervoso Autônomo. “Heart Rate”. “Physiological Adaptation”. “Autonomic Nervous System”.

## INTRODUÇÃO

A capacidade do coração de alterar a sua frequência de batimento é essencial para manter o equilíbrio homeostático do organismo; esta variabilidade é uma indicação da saúde do coração e do sistema cardiovascular como um todo (SHAFFER, MCCRATY & ZERR, 2014). A frequência cardíaca não é fixa, mas varia de momento a momento com base em uma diversidade de fatores, incluindo a atividade física,

o estado emocional e até mesmo a respiração. A VFC é um fenômeno fisiológico que descreve a variação nos intervalos de tempo entre batimentos cardíacos consecutivos, conhecidos como intervalos RR, que são ondas captadas por um ECG e podem ser usadas para analisar a função do sistema nervoso autônomo (SNA) no coração (LOPES et al., 2014).

Esta variabilidade é influenciada por vários fatores, incluindo, assim como mencionado, a atividade do SNA no coração (FACIOLI et al., 2021), que desempenha um papel crucial nessa regulação com o sistema nervoso simpático (SNS) e o sistema nervoso parassimpático (SNP), exercendo efeitos opostos. Por exemplo, o SNS acelera a frequência cardíaca, enquanto o SNP desacelera (SHAFFER, MCCRATY & ZERR, 2014).

Estas alterações na frequência cardíaca, capturadas através das ondas RR, permitem a análise da VFC, que tem se mostrado uma ferramenta útil na prática clínica, de forma que pode ser utilizada para avaliar o risco de eventos cardiovasculares adversos, a resposta ao exercício e o efeito de diferentes terapias (LOPES et al., 2014). A utilização da VFC na prática esportiva, por exemplo, demonstra que pode ser uma ferramenta eficaz para monitorar a resposta do corpo ao exercício físico e otimizar o desempenho atlético (WANG, 2022). Além disso, em pacientes com insuficiência cardíaca, a VFC tem sido usada para avaliar o perfil clínico e a mortalidade, como relataram Zeid et al. (2023). A análise da VFC também foi utilizada para avaliar a qualidade de vida em receptores de transplante de coração, correlacionando a função autonômica à qualidade de vida nestes pacientes (RODRIGUES JUNIOR et al. 2022).

Em resumo, a VFC é uma ferramenta valiosa na compreensão da fisiologia cardíaca e na prática clínica. A análise do intervalo RR permite avaliar a interação entre o SNA e o coração, fornecendo informações valiosas sobre a saúde cardiovascular, a resposta ao exercício e o prognóstico em condições patológicas. Desta forma, essa revisão toma como objetivo analisar os principais achados dos aspectos relacionados à VFC como indicador de saúde cardiovascular.

## **METODOLOGIA**

Foi realizada uma mini revisão integrativa baseada na pergunta norteadora: “a variabilidade cardíaca é um fator predominante de risco cardiovascular?”. Seguindo as orientações do método PICO (problema/paciente, intervenção, controle e outcome, com exclusão da variável “controle”, pois não se aplica a este trabalho) e utilizando as bases de dados científicas PubMed e SciELO, a pesquisa foi conduzida com base nas palavras-chave: “Frequência Cardíaca”; “Sistema Nervoso Autônomo”; “Heart Rate”; “Physiological Adaptation”; “Autonomic Nervous System”.

Os critérios de inclusão foram: estudos realizados no período de 2013 a 2023, relevância para os objetivos da pesquisa, publicações em periódicos científicos e disponibilidade do texto completo. Em contrapartida, foram excluídos artigos de revisão de literatura. Após selecionados, os estudos foram submetidos a uma análise crítica e comparativa, visando a identificação de padrões, tendências e lacunas na literatura, caminhando para uma compreensão mais abrangente e atualizada acerca da utilização clínica da VFC relacionada ao risco cardiovascular.

## RESULTADOS

Hayano et al. (2021) investigaram se os preditores de sobrevivência da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e da dinâmica da frequência cardíaca (FC) dependem da fração de ejeção ventricular esquerda (FEVE) após o infarto agudo do miocárdio (IAM). Os resultados mostram que o risco de mortalidade em pacientes pós-IAM com baixa FEVE é previsto por índices que refletem diminuição da VFC ou responsividade FC e disfunção parassimpática cardíaca, enquanto em pacientes sem baixa FEVE, o risco é previsto por uma combinação de índices que refletem diminuição da VFC ou responsividade FC e indicador que reflète grandes mudanças abruptas na FC sugerindo envolvimento simpático. Consequentemente, a VFC prova-se um relevante marcador de saúde cardiovascular neste quadro clínico.

Já o estudo Rodrigues Junior et al. (2022) analisam o controle da frequência cardíaca pelo SNA em receptores de transplante cardíaco. Devido à falta das inervações aferentes e eferentes completas do coração, resultantes de um transplante cardíaco, existe uma irregularidade no controle orgânico do funcionamento cardíaco que afeta a qualidade de vida dos pacientes. Portanto, conclui-se que utilizar a VFC (junto com outras medidas hemodinâmicas) para monitorar a disfunção do SNA antes da ocorrência de uma doença cardiovascular (medida profilática) ou como forma de monitoramento ao longo de um processo patológico, pode ajudar a guiar a conduta clínica e poderia então ser adotado como algo mais do que um instrumento ambulatorial. Os argumentos a favor incluem seu aspecto não-invasivo, barato (acessível), e de fácil manuseio.

Semelhantemente, Wang et al. (2022) exploram a frequência cardíaca dos jogadores de basquete em treinamento intermitente de resistência, demonstrando então a correlação com o SNA ao evidenciar que o treinamento intermitente de resistência pode melhorar a tensão do nervo cardiovagal dos jogadores universitários de basquete e aumentar a capacidade cardíaca e a carga, melhorando significativamente a reserva funcional cardíaca. Em outros termos, o aumento da ação do SNA evita a fadiga e a ejeção de sangue insuficiente (resultante de enchimento ventricular insuficiente devido à FC elevada),

melhorando então a performance dos atletas. Portanto, a análise da VFC durante treinamentos auxilia esta avaliação do SNA.

Paralelamente, Facioli et al. (2021) comparam a VFC com a capacidade respiratória mediada pelo SNA. Foram utilizados a VFC, a variabilidade da pressão arterial (VPA) e a sensibilidade do barorreflexo (SBR) como medidas do controle autônomo cardiovascular. Em concordância com Wang et al (2022), conclui-se que quanto mais apto a exercícios cardiorrespiratórios, menor será o valor da FC em repouso; além disso, observa-se a diminuição da FC imediatamente após exercícios. Ou seja, o SNA, que pode ser avaliado pela VFC, tem um papel fundamental em estabelecer um bom desempenho físico.

De forma integrante, Zeid et al. (2023) estabelecem valores de referência e determinantes clinicamente relevantes para medidas de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e avaliam sua relevância para a previsão do resultado clínico em indivíduos com insuficiência cardíaca. Os resultados mostram que os marcadores da VFC estão associados ao perfil clínico cardiovascular e são fortes e independentes preditores de sobrevivência na insuficiência cardíaca, concordando com os artigos prévios discutidos até então.

Já de forma mais ampla, Sanchez-Hechavarria et al. (2022) propõem uma nova abordagem para medir o estresse mental. O estudo sugere que a desigualdade temporal dos intervalos RR analisados a partir do coeficiente de Gini pode ser um indicador adequado da atividade simpática presente durante o estresse mental, com grandes potencialidades para avaliar as consequências de afecções psicossomáticas e transtornos de ansiedade, correlacionando então efeitos cardíacos como a VFC ao tracking dos efeitos de estresse mental.

A **Tabela 1** mostra, de uma forma geral, que os artigos em análise nesta mini revisão integrativa buscam a relevância da aplicabilidade da VFC em aspectos clínicos diversos.

<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Tipo de estudo</b>	<b>Principais resultados</b>	<b>Conclusão</b>
Hayano et al.	2021	Identificar preditores de sobrevivência relacionados a VFC.	Estudo de coorte prospectivo	A capacidade de aceleração, desaceleração e tempo de atraso como preditores fortes de mortalidade.	Pacientes pós-IAM apresentam diminuição da VFC ou responsividade da fc.

Rodrighes et al	2022	Investiga a qualidade de vida em receptores de transplante cardíaco.	Estudo Transversal	Baixa VFC está ligada a qualidade de vida baixa em transplante cardíaco.	Capacidade de aceleração, desaceleração e tempo de atraso são fatores de mortalidade.
Chuanmin Wang	2022	Avaliar a frequência cardíaca em treinamentos de resistência.	Estudo de coorte prospectivo	Após o treino, a capacidade de regulação do nervo vago aumentou, e o equilíbrio da inibição vagal e simpática diminuiu.	O treino de resistência pode melhorar a função cardíaca.
Zeid et al.	2023	Estabelecer referências e o papel da VFC em pacientes com insuficiência cardíaca para avaliar o perfil clínico e a mortalidade.	Estudo de coorte prospectivo	A capacidade de aceleração, desaceleração e tempo de atraso como preditores fortes de mortalidade.	Estabelecer referências e determinantes importantes para a VFC em pacientes com insuficiência cardíaca associado ao SNA e à dislipidemia.
Sanchez-hechavarria	2022	Avaliar a aplicação do coeficiente de Gini como um indicador psicofisiológico de estresse mental.	Estudo transversal	Após o treinamento, medidas como TP, HF, HF e LF aumentaram significativamente em comparação com antes do treinamento.	Proposto uma nova maneira de medir o estresse mental, utilizando o coeficiente de Gini para analisar a desigualdade temporal dos intervalos RR.
Facioli et al	2021	Avaliar o impacto da aptidão cardiorrespiratória na recuperação da regulação autonômica após exercício.	Estudo transversal	A recuperação da FC após o exercício está relacionada à modulação autonômica do coração	A aptidão cardiorrespiratória afeta a regulação autonômica cardiovascular após o exercício.

## DISCUSSÃO

A literatura destaca a importância e a facilidade de utilizar a VFC como um preditor ou indicador significativo em várias condições de saúde. A VFC pode ser usada como uma ferramenta de diagnóstico ou preditora para várias condições de saúde. Por exemplo, a VFC pode ser usada para prever a sobrevivência após o infarto do miocárdio (HAYANO et al., 2021), a qualidade de vida em receptores de transplante de coração (RODRIGUES JUNIOR et al., 2022), e o perfil clínico e risco de mortalidade em indivíduos com insuficiência cardíaca (ZEID et al., 2023). Além disso, a VFC pode ser usada para monitorar a reação da frequência cardíaca de atletas sob treinamento de resistência (WANG, 2022), para avaliar o estresse mental com base na desigualdade temporal dos intervalos RR (SANCHEZ-HECHAVARRIA et al., 2022) e para investigar a influência da aptidão cardiorrespiratória na recuperação da modulação autonômica cardiovascular após um teste de exercício cardiopulmonar (FACIOLI et al., 2021). Essas aplicações práticas podem informar as decisões clínicas e ajudar a melhorar os resultados de saúde nos quesitos de acompanhamento médico, diagnósticos e medidas profiláticas.

O primeiro aspecto analisado examina o efeito da fração de ejeção ventricular esquerda (FEVE) na predição de mortalidade após infarto agudo do miocárdio (IAM) com base na variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e na dinâmica da frequência cardíaca (DFC). Hayano et al. (2021), estudaram 687 pacientes pós-IAM, essa grande amostra aponta que o risco de mortalidade em pacientes pós-IAM com baixa FEVE é predito por uma diminuição da VFC ou da responsividade da frequência cardíaca e por uma disfunção parassimpática cardíaca, enquanto em pacientes sem baixa FEVE, o risco é predito por uma combinação de uma diminuição da VFC ou da responsividade da frequência cardíaca e um aumento de mudanças abruptas e grandes da frequência cardíaca, sugerindo envolvimento simpático. Assim, pavimentou-se novos parâmetros para a compreensão de análises cardiovasculares, reforçando diretrizes de conduta da prevenção primordial e primária.

A VFC é apresentada como um indicador sensível de saúde cardiovascular, e a compreensão dessa complexidade é fundamental para melhorar a avaliação clínica e o tratamento de distúrbios cardíacos (SHAFFER, 2014). O segundo aspecto é proveniente da avaliação do efeito da estimulação elétrica transcutânea dos pontos de acupuntura PC5 e PC6 na modulação do equilíbrio autonômico em pacientes submetidos a transplante cardíaco de forma que os parâmetros de VFC foram utilizados para avaliar a atividade do SNA. Os resultados mostraram que a estimulação elétrica aumentou significativamente os índices de VFC relacionados à atividade parassimpática e diminuiu os índices relacionados à atividade simpática, indicando uma melhora do equilíbrio autonômico (RODRIGUES JUNIOR et al., 2022).

Após conduzirem a pesquisa, Rodrigues Junior et al (2022) concluíram que a estimulação elétrica dos pontos de acupuntura PC5 e PC6 pode ser uma estratégia terapêutica complementar para melhorar a função cardíaca e a qualidade de vida dos pacientes transplantados. O estudo de Lopes et al.



(2013) corrobora com esses achados ao destacar que a VFC reflete a regulação autonômica do coração e sua importância na capacidade de adaptação a estímulos, uma vez que oferece percepções sobre a resposta do SNA em diferentes condições clínicas, abrangendo agora também para transplantes.

O terceiro aspecto investiga o efeito do treinamento intermitente de resistência na frequência cardíaca e na função cardíaca de jogadores de basquete universitários, indo ao encontro do estudo de Draghici e Taylor (2016), que fornece uma revisão abrangente das bases fisiológicas e dos métodos de medição da VFC em seres humanos, explicando como o SNA regula a frequência cardíaca, permitindo uma compreensão dos achados dos atletas. A pesquisa de Wang (2022) mostrou que o treinamento intermitente de resistência pode melhorar a tensão do nervo cardiovagal, aumentar a capacidade e a carga cardíaca e melhorar significativamente a função cardíaca de atletas.

O quarto aspecto discute o papel da VFC como um indicador psicofisiológico de estresse mental e como um preditor de mortalidade em indivíduos com insuficiência cardíaca. O trabalho de Zeid et al. (2023) mostrou que a idade, o sexo, a dislipidemia, o histórico familiar de infarto do miocárdio ou acidente vascular cerebral, a doença arterial periférica e a insuficiência cardíaca estavam fortemente relacionados à VFC em modelos multivariados. Destacando a complexidade da VFC e sua relação com a anatomia cardíaca, Shaffer (2014) argumenta que o coração não funciona como um metrônomo, mas sim como um sistema altamente adaptativo e complexo, criando a base essencial para a compreensão do estudo de Zeid et al (2023), onde em um período de acompanhamento de 6,5 anos, a capacidade de aceleração, a capacidade de desaceleração foram os preditores mais fortes de mortalidade por todas as causas em indivíduos com insuficiência cardíaca, independentemente dos fatores de risco cardiovascular, das comorbidades e da medicação. Os autores concluíram que os marcadores de VFC estão associados ao perfil clínico cardiovascular e são preditores fortes e independentes da sobrevida em insuficiência cardíaca.

O quinto aspecto propõe um novo indicador psicofisiológico de estresse mental baseado na desigualdade temporal dos intervalos RR, que caracteriza a VFC. A pesquisa de Sanchez-Hechavarria et al. (2021) argumenta que a desigualdade temporal dos intervalos RR aumentou significativamente durante a tarefa estressante e diminuiu durante a tarefa de relaxamento. Todo esse conteúdo se apoia perfeitamente nos estudos de Lopes et al (2013) e Shaffer et al (2014), comprovando mais uma vez o funcionamento da regulação da VFC e dando mais bases para novos estudos clínicos, os quais eram focados apenas na fisiologia, agora há parâmetros para pesquisar sobre seus aspectos psíquicos.

Um fator importante no trabalho de Shaffer (2014) é a importância da capacidade de adaptação da VFC em situações adversas, de forma que comparando os estudos, embora maiores desigualdades temporais do intervalo RR representem maior índice de estresse, isso denota maior capacidade adap-

tativa do sistema cardiovascular, resultando em melhores métricas de saúde. Dessa forma, pode-se deduzir a importância da exposição moderada do indivíduo a agentes estressores, essa ideia é corroborada pelo estudo de Wang (2022), que demonstra a melhora da capacidade cardíaca em treinos resistidos.

O sexto e último aspecto se dá na comparação analítica entre a VFC e da capacidade respiratória mediadas pelo SNA. Facioli et al. (2021) utilizaram a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), a variabilidade da pressão arterial (VPA) e a sensibilidade do barorreflexo (SBR) como medidas do controle autonômico cardiovascular. Os resultados mostraram que os grupos com maior aptidão cardiorrespiratória apresentaram menores valores de frequência cardíaca basal e maior tempo de recuperação da frequência cardíaca após o teste de exercício cardiopulmonar, indicando uma melhor recuperação cardíaca. Conclui-se que a aptidão cardiorrespiratória não afeta a reorganização das modulações autonômicas cardiovasculares após o teste de exercício cardiopulmonar, ao contrário da recuperação da frequência cardíaca (FACIOLI et al., 2021). De acordo com os resultados observados, a avaliação da VFC reflete o funcionamento do SNA, e é uma boa ferramenta para acompanhamento clínico na realização de medidas profiláticas, monitoramento dos efeitos de patologias, e avaliações de performance física.

De forma geral, a literatura concorda sobre a aplicabilidade clínica da VFC, voltando-a para diferentes cenários. Por um lado, Hayano et al. (2021), Rodrigues Junior et al. (2022) e Zeit et al. (2023) discorrem aspectos mais voltados a doenças cardiovasculares. Sob outro enfoque, Wang et al. (2022) e Facioli et al. (2021) comparam a avaliação da VFC com o desempenho físico. Por fim, de maneira mais inovadora, Sanchez-Hechavarria et al. (2022) focaliza a VFC em situações de estresse mental.

## CONCLUSÃO

No conjunto, esses estudos oferecem uma compreensão abrangente das várias dimensões da FC, mostrando como ela é uma métrica essencial na avaliação da saúde cardíaca, na gestão da insuficiência cardíaca, no desempenho esportivo e no controle do estresse. Conclui-se que os estudos, além de reforçarem a relevância de avaliar e monitorar a frequência cardíaca em contextos clínicos e esportivos, também advogam pela conveniência de sua adoção na prática clínica, por ser um método não-invasivo, barato e de fácil administração.

Embora todos esses estudos sublinhem a importância da VFC, eles aplicam diferentes metodologias e se concentram em diferentes aspectos da VFC, levando a uma ampla gama de descobertas. Por exemplo, alguns estudos enfatizam certos componentes da VFC, enquanto outros propõem novos



indicadores (como a desigualdade temporal dos intervalos RR). Essas diferenças podem levar a interpretações e aplicações variadas na prática clínica. Uma tendência comum entre esses estudos é o reconhecimento crescente da VFC não apenas como um parâmetro fisiológico, mas como um potencial ferramenta diagnóstica ou preditora para vários resultados de saúde. Além disso, todos os estudos analisados concordam sobre a acessibilidade de adotar a VFC como uma ferramenta relevante por ser um método barato, não-invasivo e de fácil manuseio.

Todavia, observa-se a existência de limitações neste estudo. Em geral, a limitação mais pendente e ressaltada concentrou-se na falta de mais estudos abrangendo a VFC.

## REFERÊNCIAS

DRAGHICI, A. E.; TAYLOR, J. A. The physiological basis and measurement of heart rate variability in humans. **Journal of Physiological Anthropology**, v. 35, n. 1, p. 22, jan. 2016.

FACIOLI, T. P. et al. Study of heart rate recovery and cardiovascular autonomic modulation in healthy participants after submaximal exercise. **Scientific Reports**, v. 11, art. 3620, fev. 2021.

FARAH, B. Q. Heart rate variability as an indicator of cardiovascular risk in young individuals. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 115, n. 1, p. 92-100, jul. 2020.

HAYANO, J. et al. Survival Predictors of Heart Rate Variability After Myocardial Infarction With and Without Low Left Ventricular Ejection Fraction. **Frontiers in Neuroscience**, v. 15, art. 625675, jan. 2021.

HILLEBRAND, S. et al. Heart rate variability and first cardiovascular event in populations without known cardiovascular disease: Meta-analysis and dose-response meta-regression. **Europace**, v. 15, n. 5, p. 742–749, mai. 2013.

LOPES, P. et al. Aplicabilidade Clínica da Variabilidade da Frequência Cardíaca. **Revista Neurociências**, v. 21, n. 4, p. 600–603, dez. 2013.

RODRIGUES JUNIOR, L. F. R. et al. Double Product and Autonomic Function as Predictors of Quality of Life in Heart Transplant Recipients: A Cross-Sectional Study. **Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 37, n. 4, p. 454–465, 2022.

MALIK, M. et al. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. **Circulation**, v. 93, n. 5, p. 1043–1065, mar. 1996.

MOUROT, L. et al. Quantitative Poincaré plot analysis of heart rate variability: Effect of endurance training. **European Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 1, p. 79–87, jan. 2004.

SANCHEZ-HECHAVARRIA, M. E. et al. Temporal inequality of RR intervals like a new psychophysiological indicator of mental stress. **Scientific Reports**, v. 11, art. 19302, 2022.

SHAFFER, F.; MCCRATY, R.; ZERR, C. L. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. **Frontiers in Psychology**, v. 5, art. 1040, set. 2014.

WANG, C. Heart rate reaction of basketball players under endurance training. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 28, n. 3, p. 210–212, 2022.

ZEID, S. et al. Heart rate variability: reference values and role for clinical profile and mortality in individuals with heart failure. *Clinical Research in Cardiology: Official Journal of the German Cardiac Society*, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00392-023-02248-7>. Acesso em: 04/09/2023.