

Jhennifer de Castro Fenerick

Aulus Cavalieri Carciofi

EFEITOS DA PERDA DE PESO NA MODULAÇÃO AUTONÔMICA E NA EFICIÊNCIA AEROBICA DE CÃES OBESOS

Documento assinado digitalmente
 **JHENNIFER DE CASTRO FENERICK**
Data: 02/03/2026 19:50:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor
JHENNIFER DE CASTRO FENERICK

Documento assinado digitalmente
 **AULUS CAVALIERI CARCIOFI**
Data: 02/03/2026 19:46:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Orientador
AULUS CAVALIERI CARCIOFI

EFEITOS DA PERDA DE PESO NA MODULAÇÃO AUTONÔMICA E NA EFICIÊNCIA AERÓBICA DE CÃES OBESOS

RESUMO: A obesidade em cães é altamente prevalente e está associada a alterações metabólicas e cardiovasculares que podem comprometer a eficiência fisiológica. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de um programa de perda de peso sobre a modulação autonômica cardíaca, parâmetros metabólicos e resposta termorregulatória ao exercício leve em cães obesos. Dezoito cães adultos com escore de condição corporal (ECC) 8 ou 9/9, domiciliados foram submetidos a um programa estruturado de emagrecimento e avaliados no momento inicial (estado obeso), após 10% (T10) e 20% (T20) de redução do peso corporal. Em cada momento, foram mensurados a frequência cardíaca (FC) e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em repouso, além de parâmetros metabólicos e térmicos antes e após um teste adaptado de caminhada leve de seis minutos. A perda de peso esteve associada a melhora significativa da modulação autonômica cardíaca, evidenciada pelo aumento dos intervalos RR e do SDNN, parâmetros de variabilidade de frequência cardíaca (VFC), e redução da FC em repouso ($P<0,05$). As concentrações de lactato e glicose em repouso diminuíram significativamente após o emagrecimento ($P<0,05$). O delta lactato aumentou progressivamente ($P=0,002$), enquanto o delta da temperatura superficial reduziu significativamente com a perda de peso ($P<0,001$), sugerindo menor sobrecarga termorregulatória durante o exercício. Os resultados indicam que a perda de peso em cães obesos promove melhora do equilíbrio autonômico cardíaco e da resposta aeróbica ao exercício leve. Esses achados demonstram que programas nutricionais de perda de peso constitui intervenção terapêutica capaz de promover restauração da modulação autonômica e da eficiência metabólica aeróbica, evidenciando benefícios sistêmicos ainda pouco explorados na clínica de pequenos animais.

INTRODUÇÃO: A necessidade de tratar e compreender adequadamente o tema obesidade no contexto da sociedade atual é evidente. Na medicina veterinária, a obesidade figura entre as enfermidades nutricionais mais frequentes que acometem os animais de companhia, estimativas sugerem que a incidência de obesidade nessas espécies varia entre 35% e 60% (Chandler et al., 2017; Montoya et al., 2025; Porsani et al., 2020).

Mais do que um simples excesso de adiposidade, a obesidade é compreendida como uma condição inflamatória crônica de baixo grau, associada a alterações metabólicas, endócrinas, cardiovasculares e autonômicas que comprometem a homeostase sistêmica (Odegaard e Chawla, 2011, Gayet et al., 2004). Embora as consequências cardiovasculares e metabólicas da obesidade tenham sido estudadas extensivamente em humanos, menos atenção tem sido dedicada à investigação do impacto da obesidade nesses parâmetros em cães. Na medicina humana, a obesidade associa-se ao aumento da atividade simpática basal e à redução da modulação parassimpática, resultando em menor variabilidade da frequência cardíaca (VFC), marcador consolidado de flexibilidade autonômica cardiovascular (Aubert et al., 2003; Souza et al., 2012).

O excesso de adiposidade impõe aumento da demanda hemodinâmica, maior débito cardíaco e maior custo metabólico mesmo para atividades de baixa intensidade (Nahorna et al., 2023; Valezi e Machado, 2011). Além disso, a elevação crônica do tônus simpático associada à obesidade contribui para maior frequência cardíaca basal, maior rigidez vascular e possível disfunção endotelial (Grassi et al., 2004). Assim, intervenções que restaurem a modulação autonômica e reduzam a frequência cardíaca basal podem ser interpretadas como estratégias de melhora da eficiência cardiovascular sistêmica.

Em indivíduos obesos, a capacidade termorregulatória pode estar comprometida, resultando em maior sobrecarga térmica (Poobalan et al., 2004). Em cães, cuja principal forma de dissipação térmica envolve a respiração, alterações na eficiência cardiovascular e microvascular podem influenciar na resposta térmica. Nesse cenário, a temperatura superficial pode refletir mudanças no equilíbrio simpático-parassimpático e na perfusão cutânea, e a avaliação integrada da resposta térmica pode contribuir para entender o custo fisiológico da obesidade nos cães (Elias et al., 2021; Stewart et al., 2008).

Embora a perda de peso seja amplamente recomendada, seus efeitos sobre a modulação autonômica e eficiência metabólica em cães ainda são pouco explorados. O tratamento baseia-se na indução de balanço energético negativo por meio da redução da ingestão calórica, sem comprometer o fornecimento de nutrientes essenciais, associada ao aumento do gasto energético diário (Carciofi et al., 2005). A qualidade nutricional do alimento empregado é bastante importante para que, durante o emagrecimento, seja minimizada a perda de massa magra e se otimize a saúde do paciente. O alimento deve, assim, ser especialmente formulado considerando-se a ingestão limitada que será promovida para se alcançar emagrecimento. Para isto os teores de nutrientes essenciais como amino ácidos, ácidos graxos, minerais e vitaminas devem ser aumentados, garantindo-se ingestão diária suficiente (Luis et al., 2023). Diante dessas alterações induzidas pela obesidade, torna-se interessante e necessário avaliar os efeitos do tratamento, quando realizado por meio de programa de perda de peso e dieta adequada, sobre a função cardiovascular e metabólica. Essas informações podem acrescentar conhecimento relevante acerca dos efeitos e benefícios do tratamento da obesidade em cães e de suas perspectivas em termos de recuperação da saúde desses animais. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos progressivos da redução de 10% e 20% do peso corporal sobre parâmetros autonômicos, cardiovasculares e metabólicos de cães obesos.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi conduzido de acordo com as normas da Comissão de Ética no Uso de Animais, sob protocolo número 669/022, em dezoito cães adultos ($8 \pm 1,4$ anos), obesos (ECC $8,4 \pm 0,11$), castrados, com raças variadas. Uma dieta foi formulada para perda de peso e balanceada de acordo com as diretrizes nutricionais para manutenção de cães adultos (FEDIAF, 2021). A formulação apresentava alto teor de proteína (33% na matéria seca) e fibra (10% na matéria seca), além de baixo teor de gordura (12% na matéria seca) e densidade energética reduzida (3,2 kcal/g). Os animais foram submetidos a emagrecimento controlado com ingestão energética inicial de 60 kcal/kg^{0,75}/dia, sendo realizados ajustes quando necessário.

Parâmetros cardiovasculares e metabólicos foram avaliados em três momentos: inicial, após perda de 10% (T10) e 20% (T20) do peso inicial. A frequência cardíaca (FC) e a VFC foram mensuradas por 30 minutos em repouso com monitor de FC (Polar M430) e frequencímetro (Polar H10) (CERQUEIRA et al.,

2018). Os animais foram submetidos a caminhada leve por seis minutos em esteira motorizada, com carga adicional de peso correspondente a 20% de seu peso corporal (PELOSI et al., 2012). A temperatura da carúncula lacrimal foi medida com câmera termográfica digital antes e logo após o exercício, assim como as concentrações séricas de glicose e lactato. Análises de variância de medidas repetidas foram realizadas para avaliar os dados e quando efeito de tempo foi detectado, as médias foram comparadas pelo método de Bonferroni ($P < 0,05$).

RESULTADOS: Houve redução significativa do peso corporal ao longo do programa de perda de peso ($P = 0,017$), com diminuição progressiva dos valores do momento inicial para T10 e T20. O ECC também reduziu de forma significativa ($P < 0,001$), evidenciando melhora consistente da condição corporal entre todos os momentos avaliados (Tabela 1).

Os intervalos RR aumentaram após a perda de peso ($P < 0,001$), com valores significativamente maiores em T10 e T20 quando comparados aos valores iniciais. O SDNN também apresentou aumento progressivo com a redução do peso corporal ($P = 0,007$). O RMSSD demonstrou tendência de elevação após o emagrecimento, embora sem diferença estatisticamente significativa ($P = 0,06$). Paralelamente, a frequência cardíaca em repouso diminuiu significativamente após a perda de peso ($P = 0,003$) (Tabela 2). Em relação aos parâmetros metabólicos em repouso, observou-se redução significativa das concentrações de lactato ao final do programa de perda de peso ($P = 0,03$), com valores menores em T20 quando comparados aos momentos inicial e T10. De forma semelhante, as concentrações de glicose em repouso também diminuíram significativamente após o emagrecimento ($P = 0,041$), sendo menores em T20 (Tabela 3).

Quanto às variáveis relacionadas à resposta ao exercício, o Δ lactato (pós – pré exercício) aumentou progressivamente com a perda de peso ($P = 0,002$), passando de valores negativos no estado inicial para valores positivos em T20. O Δ glicose não diferiu entre os momentos avaliados ($P = 0,295$). Já o Δ temperatura superficial (pós – pré exercício) reduziu significativamente após o emagrecimento ($P < 0,001$), apresentando valores mais elevados no estado inicial e menores em T10 e T20 (Tabela 3).

Tabela 1. Parâmetros da perda de peso de cães domiciliados durante programa de perda de peso (valores expressos como média $\pm$ erro padrão).

	Inicial	T10	T20	P value
Peso (kg)	33.41 ^a $\pm$ 1.7	29.5 ^{ab} $\pm$ 1.60	26.18 ^b $\pm$ 2.0	0.017
ECC	8.2 $\pm$ 0.11 ^a	7.55 $\pm$ 0.18 ^b	5.89 $\pm$ 0.23 ^c	>0.001

a, b – Médias na mesma linha seguidas por letras sobrescritas distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Bonferroni ($P < 0,05$).

Tabela 2. Parâmetros de variabilidade da frequência cardíaca e metabólicos mensurados em repouso em cães domiciliados durante programa de perda de peso (valores expressos como média $\pm$ erro padrão).

	Inicial	T10	T20	P value
RR (ms)	491 $\pm$ 9.05 ^b	596 $\pm$ 10.58 ^a	575.3 $\pm$ 10.62 ^a	<0.001
SDNN (ms)	70.63 $\pm$ 4.38 ^a	90.91 $\pm$ 7.46 ^{ab}	93.25 $\pm$ 5.63 ^b	0.007
RMSSD (ms)	76.72 $\pm$ 7.51	97.48 $\pm$ 8.71	104.94 $\pm$ 8.65	0.06
Frequência cardíaca (bpm)	119.6 $\pm$ 3.24 ^a	114.8 $\pm$ 4.53 ^{ab}	108.66 $\pm$ 3.38 ^b	0.003
Lactato mmol/L	2.13 $\pm$ 0.17 ^a	2.4 $\pm$ 0.23 ^a	1.68 $\pm$ 0.08 ^b	0.03
Glicose mg/dL	81.04 $\pm$ 2.75 ^a	81.8 $\pm$ 2.65 ^a	73.04 $\pm$ 1.79 ^b	0.04

a, b – Médias na mesma linha seguidas por letras sobrescritas distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Bonferroni ($P < 0,05$).

Tabela 3. Delta das variáveis monitoradas antes e após o teste de caminhada adaptado de 6 minutos em cães domiciliados durante programa de perda de peso (valores expressos como média $\pm$ erro padrão).

	Inicial	T10	T20	P value
Δ lactato (pós - pré)	-0.56 $\pm$ 0.24 ^b	-0.14 $\pm$ 0.09 ^{ab}	0.16 $\pm$ 0.01 ^a	0.002
Δ glicose (pós - pré)	-0.71 $\pm$ 0.77	-3.17 $\pm$ 1.59	-1.96 $\pm$ 0.82	0.3
Δ temperatura (pós - pré)	0.78 $\pm$ 0.11 ^a	0.45 $\pm$ 0.07 ^b	0.22 $\pm$ 0.06 ^b	<0.001

a, b – Médias na mesma linha seguidas por letras sobrescritas distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Bonferroni ($P < 0,05$).

DISCUSSÃO: Os principais achados deste estudo revelaram que a perda de peso em pacientes severamente obesos está associada à melhora funcional mensurável em parâmetros cardiovasculares e metabólicos.

A VFC destaca-se como medida simples e não invasiva dos impulsos autonômicos, sendo um dos principais indicadores do equilíbrio entre os sistemas simpático e parassimpático (Aubert et al., 2003). A modulação significativa do sistema nervoso autônomo (SNA) cardíaco após emagrecimento se traduz em diminuição da frequência cardíaca e aumento da VFC por meio do aumento do intervalo RR médio e, principalmente, pelo incremento da modulação parassimpática cardíaca, evidenciada pelo aumento do RMSSD. Alguns estudos em cães já associaram a obesidade à redução do controle parassimpático (Oliveira et al., 2012). Pongkan et al. (2020) relataram redução da VFC decorrente da diminuição da média dos intervalos RR e SDNN em estudo que comparou cães machos obesos com cães magros.

A melhora da VFC após a perda de peso pode estar relacionada à redução da hiperleptinemia associada à obesidade. A leptina, produzida proporcionalmente à massa adiposa, estimula vias centrais que aumentam a atividade simpática (Hall et al., 2001). Embora não tenham sido avaliados os níveis de leptina neste estudo, evidências da literatura sugerem que a diminuição da massa adiposa pode reduzir o estímulo simpatoexcitatório e favorecer o reequilíbrio simpatovagal (Eikelis et al., 2003; Rahmouni, 2010), o que pode explicar o aumento dos índices de VFC observados após o emagrecimento.

O aumento da VFC após a perda de peso pode também estar relacionada à redução do estado inflamatório crônico associado à obesidade. Evidências demonstram que menores índices de modulação vagal estão associados a maiores concentrações séricas de citocinas pró-inflamatórias. Assim, a diminuição da adiposidade corporal pode favorecer a restauração da modulação vagal e do equilíbrio autonômico, contribuindo para o aumento da VFC observado após o emagrecimento (Buchmann et al., 2022; Laudisio et al., 2015).

O lactato não é apenas um subproduto da oxidação anaeróbia da glicose, ele também desempenha papel no metabolismo periférico da glicose em situações de alta demanda energética (Bluher, 2013). Na obesidade, ocorrem alterações importantes no metabolismo glicose-lactato, além de intolerância à glicose e dislipidemia. Está bem estabelecido que a perda de peso melhora a sensibilidade

à insulina e o metabolismo da glicose mediado por insulina (Chondronikola et al., 2018; Gayet et al., 2004) favorecendo a captação e utilização da glicose pelos tecidos periféricos e reduzindo sua conversão em lactato. Além disso, a menor necessidade de produção hepática de glicose reduz a reciclagem de lactato via gliconeogênese, contribuindo adicionalmente para a diminuição de seus níveis circulantes. Outro fator relevante é que a redução da massa adiposa também influencia a produção de lactato, uma vez que o tecido adiposo, além de ser um dos principais consumidores de glicose, contribui significativamente para sua conversão em lactato (Jones et al., 2019; Santoro et al., 2021). Com a diminuição do tecido adiposo, essa via metabólica torna-se menos ativa, reforçando a queda da lactatemia de repouso, evidenciando melhora metabólica após a perda de peso.

A relação entre adiposidade e termorregulação durante o exercício tem sido amplamente investigada na literatura, sendo descrito que o aumento da massa adiposa pode alterar a dissipação de calor em razão de sua menor condutividade térmica e da modificação na relação entre massa corporal e área de superfície (Morrissey et al., 2021; Rodrigues et al., 2020). Embora os efeitos específicos ainda não estejam totalmente elucidados em cães, é plausível que a maior proporção de tecido adiposo contribua para maior retenção térmica, assim o maior delta temperatura observado no estado obeso pode representar uma resposta compensatória a maior sobrecarga térmica e cardiovascular ao exercício leve (Adams et al., 2015; Chudecka et al., 2014). Nesse contexto, a redução da massa adiposa decorrente da perda de peso pode contribuir para uma resposta térmica periférica mais discreta frente ao mesmo estímulo, como foi observado no estudo, menor variação térmica após o exercício com o emagrecimento.

CONCLUSÃO: A redução de peso em cães obesos demonstrou efeitos benéficos sobre a modulação cardíaca, possivelmente relacionados ao aumento da atividade parassimpática, além de melhora do perfil metabólico e redução do custo aeróbico ao exercício leve, indicando restauração da eficiência sistêmica. Programas nutricionais de perda de peso promovem melhora da estabilidade metabólica e cardiovascular em cães obesos. A avaliação de VFC em curto prazo pode representar ferramenta simples e promissora para o rastreamento de disfunção autonômica cardíaca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, J. D.; GANIO, M. S.; BURCHFIELD, J. M.; MATTHEWS, A. C.; WERNER, R. N.; CHOKBENGBUON, A. J.; LACHANCE, A. A. Effects of obesity on body temperature in otherwise-healthy females when controlling hydration and heat production during exercise in the heat. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 1, p. 167–176, 2015.

AUBERT, A. E.; SEPS, B.; BECKERS, F. Heart rate variability in athletes. **Sports Medicine**, v. 33, n. 12, p. 889-919, 2003.

BLÜHER, M. Adipose tissue dysfunction contributes to obesity-related metabolic diseases. **Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 27, n. 2, p. 163-177, 2013.

BUCHMANN, A. et al. Associations between heart rate variability, peripheral inflammatory markers and major depressive disorder. **Journal of Affective Disorders**, v. 304, p. 93-101, 2022.

CARCIOFI, A. C. et al. A weight loss protocol and owner's participation in the treatment of canine obesity. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1331-1338, 2005.

CERQUEIRA, J. A. et al. Intense exercise and endurance-training program influence serum kinetics of muscle and cardiac biomarkers in dogs. **Research in Veterinary Science**, v. 121, p. 31-39, 2018.

CHANDLER, M. et al. Obesity and associated comorbidities in people and companion animals: A One Health perspective. **Journal of Comparative Pathology**, 2017.

CHONDRONIKOLA, M. et al. Effect of progressive weight loss on lactate metabolism: a randomized controlled trial. **Obesity**, v. 26, n. 4, p. 683-688, 2018.

CHUDECKA, Monika; LUBKOWSKA, Anna; KEMPIŃSKA-PODHORODECKA, Agnieszka. Body surface temperature distribution in relation to body composition in obese women. **Journal of thermal biology**, v. 43, p. 1-6, 2014.

DE ÁVILA RODRIGUES, C.; LEITES, G. T.; MEYER, F. Thermoregulatory and perceptual responses of lean and obese fit and unfit girls exercising in the heat. **Jornal de Pediatria**, v. 96, n. 4, p. 464-471, 2020.

EIKELIS, N. et al. Interactions between leptin and the human sympathetic nervous system. **Hypertension**, v. 41, n. 5, p. 1072-1079, 2003.

ELIAS, B. et al. Influences on infrared thermography of the canine eye in relation to the stress and arousal of racing greyhounds. **Animals**, v. 11, n. 1, p. 103, 2021.

FÉDÉRATION EUROPÉENNE DE L'INDUSTRIE DES ALIMENTS POUR ANIMAUX FAMILIERS (FEDIAF). **Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs**. Brussels: FEDIAF, 2021.

GAYET, C. et al. Insulin resistance and changes in plasma concentration of TNF α , IGF1, and NEFA in dogs during weight gain and obesity. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 88, n. 3-4, p. 157-165, 2004.

GRASSI, G. Role of the sympathetic nervous system in human hypertension. **Journal of Hypertension**, v. 16, n. 12, p. 1979-1987, 1998.

HALL, J. E.; HILDEBRANDT, D. A.; KUO, J. Obesity hypertension: role of leptin and sympathetic nervous system. **American Journal of Hypertension**, v. 14, suppl. 3, p. 103S-115S, 2001.

JONES, T. E. et al. Plasma lactate as a marker of metabolic health: implications of elevated lactate for impairment of aerobic metabolism in the metabolic syndrome. **Surgery**, v. 166, n. 5, p. 861-866, 2019.

LAUDISIO, A. et al. Associations of heart rate with inflammatory markers are modulated by gender and obesity in older adults. **Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences**, v. 70, n. 7, p. 899-904, 2015.

LUIS, L. W. et al. Intake of energy, protein, amino acids and minerals by dogs under energy restriction for body weight loss when fed with commercial weight loss diets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 107, suppl. 1, p. 1-10, 2023.

MONTOYA, M. et al. Overweight and obese body condition in ~4.9 million dogs and ~1.3 million cats seen at primary practices across the USA: prevalences by life stage from early growth to senior. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 235, p. 106398, 2025.

MORRISSEY, M. C. et al. The impact of body fat on thermoregulation during exercise in the heat: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 24, n. 8, p. 843-850, 2021.

NAHORNA, A.; BAUR, H. Biomechanical and functional effects of abdominal obesity on activities of daily living in individuals with low back pain. **Journal of Physical Education and Sport**, v. 23, n. 9, p. 2426-2434, 2023.

OLIVEIRA, M. S. et al. Heart rate variability parameters of myxomatous mitral valve disease in dogs with and without heart failure obtained using 24-hour Holter electrocardiography. **Veterinary Record**, v. 170, n. 24, p. 622, 2012.

PELÓSI, A. et al. Cardiac effect of short-term experimental weight gain and loss in dogs. **Veterinary Record**, v. 172, 2012.

POBALAN, A. et al. Effects of weight loss in overweight/obese individuals and long-term lipid outcomes: a systematic review. **Obesity Reviews**, v. 5, n. 1, p. 43-50, 2004.

PONGKAN, W. et al. Obesity-induced heart rate variability impairment and decreased systolic function in obese male dogs. **Animals**, v. 10, p. 1383, 2020.

PORSANI, M. Y. H. et al. Prevalence of canine obesity in the city of São Paulo, Brazil. **Scientific Reports**, v. 10, 2020.

RAHMOUNI, K. Leptin-induced sympathetic nerve activation: signaling mechanisms and cardiovascular consequences in obesity. **Current Hypertension Reviews**, v. 6, n. 2, p. 104-109, 2010.

SANTORO, A.; MCGRAW, T. E.; KAHN, B. B. Insulin action in adipocytes, adipose remodeling, and systemic effects. **Cell Metabolism**, v. 33, n. 4, p. 748-757, 2021.

SOUZA, Naiara Maria de et al . Variabilidade da frequência cardíaca em crianças obesas. **Rev. bras. crescimento desenvolv. hum.**, São Paulo , v. 22, n. 3, p. 328-333, 2012.

STEWART, M. et al. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. **Physiology & Behavior**, v. 93, n. 4-5, p. 789-797, 2008.

VALEZI, A. C.; MACHADO, V. H. S. Morphofunctional evaluation of the heart of obese patients before and after bariatric surgery. **Obesity Surgery**, v. 21, p. 1693-1697, 2011.