

DESFECHOS DE PROGRAMA DE EXERCÍCIOS E ALIMENTAÇÃO PARA HIPERTENSOS À LUZ DO PROCESSO DE BERNOULLI

CARVALHO JUNIOR, Sergio¹; MURITO, Ana Paula de Oliveira²; BRASIL, Roxana Macedo³; EVERTON, Adriana Nunes da Fonseca⁴; BRITO, Diogo de Freitas^{5,6,7}; BARRETO, Ana Cristina Lopes y Glória²; JUNIOR, Homero da Silva Nahum^{2,8}

104

Resumo

Objetivou-se estimar a probabilidade de redução da pressão arterial em 103 indivíduos hipertensos, 74 homens, Idade = $49,92 \pm 10,30$ anos, submetidos à orientação nutricional, e exercícios aeróbicos (3,00 sessões/semana x 30 min) e musculação (2,50 sessões/semana). Aplicados foram modelo de Bernoulli e a simulação de Monte Carlo, ambos codificados em R 4.4.3. O primeiro modelo indicou que 67 pessoas conseguiriam reduzir em, pelo menos, 5mmHg a pressão arterial, enquanto que o segundo identificou o intervalo entre 63 e 71 pessoas àquela conquista, sempre tendo o intervalo de confiança de 95,00%. Então, possível foi concluir que o objetivo foi adequadamente conquistado.

Palavras-chave: Planejamento. Modelagem. Administração. Economia. Estatística.

Abstract

The objective was to estimate the probability of blood pressure reduction in 103 hypertensive individuals, 74 men, age = 49.92 ± 10.30 years, undergoing nutritional guidance and aerobic exercise (3.00 sessions/week x 30 min) and strength training (2.50 sessions/week). The Bernoulli model and Monte Carlo simulation, both coded in R 4.4.3, were applied. The first model indicated that 67 people would be able to reduce blood pressure by at least 5 mmHg, while the second identified the range between 63 and 71 people to achieve that achievement, always with a 95.00% confidence interval. Therefore, it was possible to conclude that the objective was adequately achieved.

Keywords: Planning. Modeling. Administration. Economics. Statistics.

Introdução

A Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS), doravante designa Hipertensão, seria doença crônica não transmissível e multifatorial (Pires *et al.*, 2025). Os fatores de risco não

¹ Pesquisador convidado Biodesa;

² Graduanda do Curso de Educação Física do Centro Universitário Celso Lisboa;

³ Docente Ph.D. em Educação Física;

⁴ Profissional de Educação Física da Adriana Nunes Consultoria de Corrida;

⁵ Docente do Curso de Gestão Desportiva e do Lazer do Centro Universitário Celso Lisboa;

⁶ Docentes do Curso de Educação Física do Centro Universitário Celso Lisboa;

⁷ Consultor Iceberg Business Academy;

⁸ Docente da Escola de Saúde da Universidade Cândido Mendes.

modificáveis seriam histórico familiar, respondendo por, aproximadamente, 90,00% dos casos; idade por relação direta; sexo, o masculino deteria maior probabilidade; e etnia, dada a maior ocorrência entre indivíduos de pele negra. O conjunto de fatores modificáveis conteria sedentarismo, obesidade, consumo excessivo de sódio ou álcool, tabagismo, estresse, diabetes e nível alto de colesterol (Dias *et al.*, 2021). Não raramente, a condição seria assintomática, evoluindo paulatinamente com alterações funcionais ou estruturais no coração, cérebro, nos vasos e rins (Carneiro e Nobre, 2025), portanto diagnosticada tardiamente, o que contribuiria ao comprometimento da qualidade de vida e desenvolvimento de outras doenças cardiovasculares (Pires *et al.*, 2025).

No Brasil, aproximadamente, 21,50% da população maior de 18 anos seria acometida, entre os homens, a probabilidade seria de 23,80%, enquanto que o grupo feminino teria 19,00% de ocorrências. Entretanto, considerando o óbito, a classe acima de 79 anos de idade 31,13 casos por 1.000 habitantes, mas as maiores prevalências, 48,00% e 38,00%, seriam de indivíduos brancos e pardos, respectivamente (Carneiro e Nobre, 2025). Divergentemente, em Chapecó (SC), a predominância feminina superava a masculina em 40,00% dos diagnósticos, tendo por idade predominante 60,40 anos e, reconhecendo, como fatores associados o tabagismo, 7,00%, e a diabetes, 19,60% (Silveira *et al.*, 2025). Estimativas essas, considerando a Hipertensão marcada pelos elevados níveis de pressão sanguínea nas artérias, notadamente Pressão Arterial Sistólica ≥ 140 mmHg e Pressão Arterial Diastólica ≥ 90 mmHg (Pires *et al.*, 2025). Norteados pelos pontos de corte, Silveira *et al.* (2025) identificaram em Chapecó (SC), que as mulheres superavam os homens em 40,00% dos diagnósticos de hipertensão

A relevância de tais considerações aumentaria na ciência de que variações climáticas tenderiam a promover alterações fisiológicas, especialmente no ritmo cardíaco e fluxo sanguíneo (Cezário, 2018), isso porque a combinação de fenômenos físicos, químicos e biológicos determinaria o clima (tendência de longo prazo em determinado local), o qual reciprocamente influenciaria o espaço e os seres existentes. Assim, as condições meteorológicas impactariam na saúde humana, podendo elevar as taxas populacionais de mortalidade (Boy, 2018). No Brasil, o desafio no domínio da saúde pública seria particularmente complexo, dado que as estações do ano nas regiões próximas ao Equador não gozariam de diferenças significativas, ao norte seriam marcadas pelos períodos de chuva e seca, enquanto que ao sul pelas variações térmicas características de verão e

inverno (Costa, 2018), esse relacionado às ocorrências de doenças cardíacas e mortalidade cardiovascular (Cezário, 2018).

Valeria destacar que as baixas temperaturas promoveriam a vasoconstrição, atenuando a perda de calor, mas exigindo sobrecarga cardíaca para atender à demanda sanguínea. Tal ocorrência associada à hipercolesterolemia (colesterol elevado), comum na Hipertensão, favoreceria a oclusão do fluxo sanguíneo para o coração e cérebro, por exemplo, elevando o risco de arritmia e infarto (Amorim *et al.*, 2024), conforme apontado por Silva e Costa (2023) no município de Ituiutaba (MG). Enquanto, Nascimento (2025) analisou o comportamento da mortalidade por Hipertensão e diabetes mellitus no Semiárido brasileiro, demonstrando que Ceará, Bahia e Rio Grande do Norte detinham baixas taxas e estabilidade temporal, contrapostos a Piauí e Maranhão com indicadores elevados, independentemente da dicotomia sexual. Essas características indicaram a interação entre fatores sociais, assistenciais e territoriais, incluindo o clima no regime de óbitos.

Silva e Bitencourt (2025) atentaram à terapia de reposição hormonal na menopausa, analisando 63 artigos, encontrando contraindicação absoluta na existência de Hipertensão severa e diabetes mellitus descontrolada, assim como constatação de indicação com doses similares à ausência da doença, porém com recomendação pelo uso da via transdérmica. França e Cherobini (2025) ratificaram a terapia hormonal, porém salientaram a necessidade de monitoramento e tratamento da Hipertensão. Em outra vertente, Santana *et al.* (2025) focaram a hormonioterapia prescrita para indivíduos transexuais, pois comumente ocorreriam alterações cardiovasculares, metabólicas e endócrinas, em que pese as distintas substâncias e respectivos mecanismos fisiológicos, o aumento da pressão arterial seria a interseção. Em homens transexuais ocasionada pela maior viscosidade sanguínea como consequência da testosterona, enquanto que nas mulheres, a administração do estrogênio elevaria o risco tromboembólico.

Hipertensão, aterosclerose e arritmias seriam favorecidas por eventos de insônia, apneia obstrutiva do sono e privação crônica do sono, uma vez que esses promoveriam disfunção endotelial, inflamação sistêmica e alterações no sistema nervoso autônomo. A higiene do sono (qualidade e duração) participaria da regulação fisiológica, podendo na inadequação aumentar o risco de Hipertensão, dentre outras doenças cardiovasculares (Silva L *et al.*, 2025; Monteles *et al.*, 2025). A apneia obstrutiva do sono caracterizada por obstruções recorrentes que interromperiam a passagem de ar, provocando atenuação na saturação de oxigênio e, conseqüentemente, distúrbios neurológicos e cardiovasculares.

Dentre esses, Hipertensão resultante da resposta simpática da hipoxemia refratária. Não raramente, existiria prescrição de pressão positiva contínua nas vias aéreas, entretanto, o ponto sensível residiria na adesão, mesmo havendo melhora do quadro clínico (Cozac e Farin, 2025). O agravamento do quadro exposto se daria pela associação entre alterações no padrão de sono e obesidade, sobretudo pelo favorecimento de distúrbios respiratórios e da apneia obstrutiva do sono (Viula *et al.*, 2025).

A análise de 15 artigos publicados entre 2019 e 2025 evidenciou a circunferência abdominal como marcadora de risco cardiovascular, de forma ímpar, com a maior prevalência de Hipertensão, independentemente do índice de massa corporal (Silva M *et al.*, 2025). A modelagem linear de um grupo de 295.210 pessoas de Goiás, relevou 1.228,10 hipertensos, 45,04% eram homens, esses conquistaram coeficiente de explicação de 0,99 (valor-p < 0,05), para além, houve tendência de elevação da prevalência concomitantemente ao índice de massa corporal médio (Lima, Saraiva e Arruda, 2025). Ferreira *et al.* (2024) empregaram 195 hipertensos de Viçosa (MG) demonstrando correlação entre obesidade e idade, e circunferência da cintura, nessa ordem 0,71 (valor-p = 0,00) e 0,54 (valor-p = 0,00), e excesso de massa corporal e dislipidemia com 0,21 (valor-p = 0,04).

O exercício físico contribuiria para a redução da pressão arterial, favorecendo a saúde cardiovascular pela elevação da tolerância ao exercício e mitigação de alterações hemodinâmicas, desde que a regularidade da prática fosse manifesta (Costa *et al.*, 2025; Lima, 2025), a estabilização dos níveis considerados saudáveis, geralmente, mantidos seriam por 48h após a sessão de exercícios (Monteiro, 2025). Habitualmente, a prescrição se concentraria em modalidades aeróbicas, entretanto, exercícios de força dinâmica ou isométrica, assim como a combinação (cardiovascular e força), tenderiam a contribuir para a atenuação de pressão arterial similarmente, mesmo em grupos de normotensos, pré-hipertensos e hipertensos. Tal constatação, incentivaria o profissional a prescrever conforme a identificação do paciente quanto à modalidade, estilo de vida e condição socioeconômica (Bernardo, 2024).

As considerações sobre exercícios físicos seriam relevantes, porque a sociedade contemporânea tenderia ao sedentarismo, o que implicaria, no domínio do tempo, na adoção de terapia medicamentosa frente à ocorrência de Hipertensão, todavia os efeitos secundários (reações adversas ou efeitos colaterais) poderiam se fazer presentes em função da herança genética, etiologia, farmacodinâmica ou farmacocinética,

personalizando os efeitos. No exercício físico, a individualidade biológica impactaria na resposta tensional ao esforço, mas essa em essência seria variável agregadora de valor aos processos diagnóstico e prognóstico, não excluindo necessariamente a intervenção farmacológica, mas potencializando os resultados clínicos (Ruivo e Alcântara, 2012).

No sentido exposto, Souza e Dascal (2025) pesquisaram a efetividade de determinado programa de aconselhamento para o exercício físico disponibilizado a 17 hipertensos (10 mulheres) de uma Unidade Básica de Saúde em Londrina (PR). Após 12 semanas, 10 pacientes adotaram o estilo de vida ativo com regularidade, houve 15 e 16 relatos de melhora no bem-estar e na condição de saúde, respectivamente. Esses resultados indicaram adequada efetividade do aconselhamento, não sem problemas, dado que declarações sobre falta de tempo ou companhia, bem como insegurança foram dificultadores recorrentes. Em suma, as doenças crônicas não transmissíveis, não sendo a Hipertensão exceção, configurariam os principais problemas da Atenção Primária, portanto a integração entre alimentação, exercícios físicos, higiene do sono, controle de tóxicos, saúde psíquica e relacionamentos seria fundamental à intervenção para pacientes hipertensos (Diniz, 2024).

Singularmente, a adesão à utilização de fármacos representaria o ponto central da Saúde Pública referente à Hipertensão, dado que eventos de esquecimento ou descuido seriam facilmente encontrados, conforme demonstrado por Kraemer *et al.* (2025) com 14 idosos hipertensos, 12 mulheres, de Matelândia (PR). Desses 11 detinham conhecimento adequado sobre a doença e 10 faziam uso preciso dos medicamentos. Não obstante a ausência de reações adversas ou *polimedicação*, os demais pacientes manifestaram a presença das causas anteriores. Então, talvez intervenções à luz da Saúde da Família seriam mais eficazes, também no planejamento, na implementação e avaliação de ações, pela maior proximidade dos pacientes, inclusive realizando visitas domiciliares (Lima M *et al.*, 2025). Extrapolando o aspecto estratégico, ao nível tático, aparentemente, a transdisciplinaridade lograria superior êxito no condizente à promoção de autocuidado, adesão às intervenções e controle da pressão arterial, pela convergência às necessidades do paciente e amplitude da atenção, quando tomada como eixo central, porque reduziria a chance de surgimento de problemas em razão de conhecimento fragmentado, escassez temporal para o trabalho em equipe ou limitações advindas da estrutura disponível (Junior, Lopes e Santana, 2025). Então, o objetivo do corrente estudo foi estimar a probabilidade

de redução da pressão arterial de participantes de programa de exercícios e mudança alimentar.

Metodologia

Inicialmente, avaliou-se um banco de dados de programas anteriores realizados pela mesma instituição e disponibilizados a 1.471 indivíduos com similares condições clínicas para estimar a influência da assiduidade às sessões de exercícios (Assiduidade), do controle alimentar (Alimentação) e de fatores adicionais (Outros), como idade, sexo e comorbidades. Com isso estabeleceu-se o peso de cada domínio. O banco de dados submetido ao processo de Bernoulli era composto por 103 pessoas com Idade = $49,92 \pm 10,30$ anos (Mediana = 48,00 anos, Coeficiente de Variação = 20,63%, Mínima = 33,00 anos, Máxima = 68,00 anos), existia 29 mulheres com Idade = $48,93 \pm 10,93$ anos (Mediana = 48,00 anos, Coeficiente de Variação = 22,34%, Mínima = 33,00 anos, Máxima = 68,00 anos) e 74 homens com Idade = $50,31 \pm 10,09$ anos (Mediana = 48,00 anos, Coeficiente de Variação = 20,06%, Mínima = 34,00 anos, Máxima = 68,00 anos). Os pacientes eram sedentários ou praticavam esporadicamente exercícios não sistematizados, mas a hipertensão se mantinha entre leve e moderada.

O programa de treinamento consistia em musculação realizada duas ou três vezes por semana com intensidade moderada (frequência cardíaca, % $\in [60,00; 79,00]$) ou alta (frequência cardíaca, % $\in [80,00; 89,00]$), e exercício aeróbico, podendo ser caminhada, natação, dança ou bicicleta, por 30 minutos em três sessões semanais, sempre com intensidade moderada. O controle alimentar recebia pontuação (0 – 100 pontos) correspondentemente aos critérios estabelecidos pela equipe de Nutrição (Quadro I). O banco de dados armazenava nove meses de participação do grupo.

Quadro I: Critérios de Pontuação do Controle Alimentar para Classificar em Rigoroso (≥ 80 pontos), Moderado (50-79 pontos) ou Brando (< 50 pontos)

Parâmetros	Rigoroso	Moderado	Brando
Consumo de sal, g/dia	$< 5,00$	5,00 - 7,00	$> 7,00$
Frutas/Vegetais, porções/dia	≥ 5	3 - 4	< 3
Processados, vez/semana	≤ 1	2 - 3	≥ 4
Álcool, dose/dia	≤ 1	1 - 2	> 2
Gorduras Saturadas, % do total calórico	$< 7,00$	7,00 - 10,00	$> 10,00$
Aderência, % das recomendações	90,00	70,00 - 89,00	$< 70,00$

Fonte: Os Autores (2026).

A distribuição de Bernoulli foi empregada, porque, considerou-se 1) a existência somente de resultados mutuamente excludentes, sucesso (redução da pressão arterial) e fracasso (manutenção ou aumento da pressão arterial); 2) o desfecho seria binário, sucesso ou fracasso; e 3) a probabilidade de sucesso (p) era constante (Walpole *et al.*, 2008; Ross, 2010). A codificação foi realizada em linguagem R 4.4.3 com emprego dos pacotes extraDistr 1.10.0 e SimDesign 2.19.2.

Os resultados correspondentes aos 12 meses de intervenção foram obtidos por simulação de Monte Carlo, exigindo os pacotes MonteCarlo 1.0.6 e boot 1.2-32. Essa opção se substancializou, pois o comportamento da pressão arterial não seria determinístico, mas probabilístico, portanto, a chance de redução seria individual, havendo necessidade de representar tal variabilidade. O fenômeno era complexo, então a probabilidade teórica seria diferente do resultado observado, essa característica, comum em processos biológicos, deveria ser recepcionada pelo modelo. Poderia ser adotada a simulação determinística, todavia, pelas razões expostas, não seria realista em decorrência da imposição de simplicidade extrema. Finalmente, o tamanho do banco de dado, $n = 103$, não era suficiente para garantir normalidade (Oliveira e Medeiros, 2012; Shonkwiler e Mendivil, 2014).

Resultados e Discussão

Como Sucesso foi considerada a redução de, pelo menos, 5 mmHg na PAS, dado que estaria associada às atenuações nos riscos de acidente vascular cerebral, doença coronariana e morte em geral, nessa ordem, em 14,00%, 9,00% e 7,00%, aproximadamente. Aquele ponto de corte, também, estaria acima da variação natural da PA (2 ou 3 mmHg), representando mudança biologicamente factível com orientações alimentares e de exercícios, e detectável pelos profissionais na prática clínica (Williams *et al.*, 2018; Whelton *et al.*, 2018). Particularmente, o treinamento aeróbico promoveria redução na PAS de $5,00 \pm 0,80$ mmHg, logo a alternativa não medicamentosa daria baixa variabilidade, Coeficiente de Variação = 16,00% com $\alpha = 0,05$ (Cornelissen e Smart, 2013).

A probabilidade Base de sucesso foi estimada em 65,00%, porque, no banco de dados histórico, 25,00% - 30,00% dos pacientes apresentaram respostas excelentes (redução > 10 mmHg), as moderadas ($5 \text{ mmHg} < \text{redução} < 10 \text{ mmHg}$) se manifestavam entre 35,00% e 40,00% das vezes, e as negativas (redução < 10 mmHg) concentravam 25,00% a 35,00% dos registros. Tal quadro era esperado em razão de múltiplos fenótipos existentes, os quais imporiam elevada variabilidade entre indivíduos, especialmente na

consideração de influências metabólicas, as quais poderiam representar até 13,00% de respostas adversas (Bouchard *et al.*, 2012). A Base foi impactada positivamente pela severidade da hipertensão, combinação entre exercícios aeróbicos e musculação, prescrição contextualizada e pelo acompanhamento profissional (Cornelissen e Smart, 2013). E, negativamente, pela elevada variabilidade etária, ausência de garantias quanto à fidelidade às prescrições e fatores dietéticos intervenientes. Isso tenderia a estabelecer longas caudas de não respondentes em curva Normal, uma vez que a ausência de resposta pelos aspectos citados poderia se apresentar no intervalo de 7,00% a 20,00% dos pacientes (Ross *et al.*, 2019).

Apoiado nos comentários, a Base foi estimada considerando as probabilidades históricas ($p(\text{Hist})$) em função do número de pessoas (n) na faixa etária e dicotomia sexual (Tabela 1), cujas as probabilidades de Referência foram próximas, o que alicerçou a utilização da média entre elas como aquela probabilidade, $\theta = \frac{64,39+64,53}{2} \approx 64,46 \approx 65,00\%$. Os Pesos dos domínios consideraram as respectivas distribuições de probabilidade (Tabela 2). Todas as definições possibilitaram estimar o modelo de probabilidade individual, cujo erro associado se ajustava à Distribuição Normal, $\varepsilon_i \sim N(0,00; 0,02)$ (I), o qual transcrito seria: $\theta_i = \theta + 0,40.\text{Assiduidade}_i + 0,35.\text{Alimentação}_i + 0,25(\text{Idade}_i + \text{Sexo}_i + \text{Comorbidades}_i) + \varepsilon_i$.

Tabela 1: Estimativa da Probabilidade Base Considerando Faixa Etária (anos), Dicotomia Sexual.

Variável	p(Hist)	n	p(referência)
Faixa Etária			
32-45	0,72	28	$p(\text{Faixa}) = \frac{0,72.28 + 0,65.38 + 0,58.37}{103} \approx 64,39\%$
46-55	0,65	38	
56-68	0,58	37	
Sexo			
Feminino	0,62	29	$p(\text{Sexo}) = \frac{0,62.29 + 0,71.74}{103} \approx 64,53\%$
Masculino	0,71	74	

Fonte: Os Autores (2026).

A expressão logística completa consideraria o processo de Bernoulli dado por $P(\text{Sucesso}_i) = p_i \sim \text{Bernoulli}(\theta_i)$, entendendo $\text{Sucesso}_i = 1$, se Redução PAS ≥ 5 mmHg, e $\text{Sucesso}_i = 0$, caso contrário. A probabilidade individual de Sucesso seria, rigorosamente, $\theta_i = \sigma(\beta_0 + \beta_1 A_i + \beta_2 C_i + \beta_3 F_i)$, onde $\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$. Esse caminho de modelagem tornou o resultado mais realista e consistente à natureza dos fenômenos biológicos, quando

comparado à alternativa aditiva, culminando em (II). Exemplificando a aplicação para o paciente 16, homem de 45 anos de idade, com assiduidade de 92,00%, controle alimentar de 90 pontos e sem comorbidades, resultaria em 93,46% de conquista do Sucesso (III).

Tabela 2: Estrutura de Pesos para os Domínios Considerados.

Variável	p(Hist)	Influência Média	Peso, %
Assiduidade			
Alta	40,62	0,25 ± 0,05	$\beta_1 = 40,00$
Média	34,71	0,10 ± 0,03	
Baixa	24,67	-0,15 ± 0,04	
Alimentação			
Rigorouso	29,54	0,20 ± 0,04	$\beta_2 = 35,00$
Moderado	44,37	0,05 ± 0,02	
Brando	26,09	-0,20 ± 0,05	
Outros			
			$\beta_3 = 25,00$
Idade, anos			
< 50		0,05 ± 0,01	
≥ 50		-0,03 ± 0,00	
Sexo			
Feminino		0,03 ± 0,01	
Masculino		0,00 ± 0,00	
Comorbidades			
Não		0,08 ± 0,00	
Sim		-0,04 ± 0,00	

Fonte: Os Autores (2026).

$$\theta_i = \theta + \beta_1 \text{Assiduidade}_i + \beta_2 \text{Alimentação}_i + \beta_3 \text{Outros}_i + \varepsilon_i \quad (I)$$

$$\beta_0 = \ln\left(\frac{0,65}{1 - 0,65}\right) \approx 0,6190$$

$$\text{Assiduidade}_i = \begin{cases} 1,00; \text{ se Alta } (> 0,85) \\ 0,40; \text{ se Média } (0,70 - 0,85) \\ -0,80; \text{ se Baixa } (< 0,70) \end{cases} \quad \beta_1 = 0,80$$

$$\text{Alimentação}_i = \begin{cases} 1,20; \text{ se Rigorouso } (\geq 80) \\ 0,20; \text{ se Moderado } (50 - 79) \\ -1,00; \text{ se Brando } (< 80) \end{cases} \quad \beta_2 = 0,70 \quad (II)$$

$$\text{Outros}_i = 0,30.I(\text{Idade}) + 0,20.I(\text{Sexo}) + 0,50.I(\text{Comorbidades}) \quad \beta_3 = 0,50$$

$$\theta_i = \frac{1}{1 + e^{-(0,619 + 0,80\text{Assiduidade}_i + 0,70\text{Alimentação}_i + 0,50\text{Outros}_i)}}$$

$$\theta_{16} = \frac{1}{1 + e^{-(0,6190+0,80.1+0,70.1,2+0,50.0,80)}} = \frac{1}{1 + e^{-(2,659)}} = \frac{1}{1 + 0,070} \approx 0,9346 \quad (III)$$

A simulação de Monte Carlo utilizou as 103 estimativas de θ_i para calcular a probabilidade de Sucesso do programa (IV), com respectivo intervalo de confiança de 95,00% (V), após 10.000 iterações, $\hat{p} = 78,12\%$ e entre 63 (61,17%) e 71 pessoas (68,93%) atingiriam o Sucesso, enquanto o modelo aditivo identificou, 67 pessoas (65,05%). Adicionalmente, estimados foram as distribuições de pacientes pela Assiduidade e Alimentação, bem como as respectivas probabilidades de Redução da PAS (Tabela 3), comparando-as com os valores efetivamente observados, porém sem constatação de diferença estatisticamente significativa, valor-p > 0,05, tendo Efeito do Tamanho classificado como Muito Pequeno. Em última análise, o modelo convergiu à realidade apresentada pelo grupo sob intervenção. Corroborando a validade dele na prática clínica.

$$\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^{103} Sucesso_i}{103} \quad (IV)$$

$$IC_{95,00\%} = \hat{p} \pm 1,96 \cdot \sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{103}} \quad (V)$$

Tabela 3: Distribuição de Pacientes pelos Domínios Assiduidade e Alimentação, Probabilidade Média de Sucesso ($\bar{p}(Suc)$) e Resultados do Teste Qui-quadrado (Graus de Liberdade = 2,00; Valor Crítico = 5,99; $\alpha = 0,05$).

Variável	Estimado		Observado		Qui-quadrado		
	n	$\bar{p}(Suc)$	n	$\bar{p}(Suc)$	Estatística Teste	Valor-p	V de Cramér
Assiduidade					0,22	0,90	0,02
Alta	42	84,56	43	85,08			
Média	35	53,13	36	56,19			
Baixa	26	34,65	24	34,15			
Alimentação					0,45	0,80	0,03
Rigorouso	31	87,18	34	85,16			
Moderado	45	61,52	44	64,98			
Brando	27	41,62	25	44,28			

Fonte: Os Autores (2026).

A Assiduidade se apresentou detentora de maior influência sobre PAS, dado que a chance de Sucesso daqueles com Alta frequência foi 2,49x ($\approx \frac{85,08}{34,15}$) maior do que os de Baixa adesão aos exercícios. Similarmente, o controle alimentar Rigoroso elevou a chance

em $1,92x$ ($\approx \frac{85,16}{44,28}$) em relação ao Brando, o que potencializou os efeitos, especialmente quando da observação de que a combinação dos comportamentos mencionados (Alta e Rigoroso) produziu $\hat{p}_{\text{Observado}} = 94,16\%$ ($\hat{p}_{\text{Modelo}} = 92,53\%$). Tais consequências convergiriam às expectativas, porque:

1) Exercícios aeróbicos favoreceriam a melhora da função endotelial, controle da vasoconstrição e vasodilatação, portanto as células endoteliais (revestimento interno) devem ter potencializado o fluxo sanguíneo pela manutenção adequada do relaxamento e da luz dos vasos sanguíneos (Sasaki e Santos, 2006; Silva *et al.*, 2017; Pagan, Gomes e Okoshi, 2018; Tan, Li e Guo, 2021; Monteiro, 2025);

2) Musculação aumentaria a sensibilidade à insulina, uma vez que a contração muscular elevaria a atividade da proteína quinase ativada por adenosina monofosfato (AMPK, estimulador da captação de glicose), desativando o TCB1D1 (proteína estimuladora da movimentação do transportador de glicose), assim o GLUT4 (proteína transportadora de glicose tipo 4) se acoplaria à membrana plasmática, aumentando a captação de glicose. No pós-exercícios, o conjunto de três proteínas quinases específicas para serina/treonina (proteína quinase B ou Akt) desativaria o TCB1D4, resultando em efeito similar. Aquela sensibilidade, também, seria potencializada pela maior capilarização da musculatura esquelética e atividade das células β , assim como pela redução intramuscular de ácidos graxos saturados e ceramidas (Santomauro Júnior *et al.*, 2008; Jessen *et al.*, 2011; Bird e Hawley, 2017; Thomson, 2018; Silva *et al.*, 2025);

3) Redução da massa corporal proporcionaria a diminuição do volume sanguíneo e da resistência vascular periférica. Fundamentalmente, a pressão arterial seria o produto entre débito cardíaco e resistência vascular periférica, logo, comumente, a hipertensão seria causada pela elevação da resistência vascular, talvez pela produção de aldosterona pelo córtex suprarrenal (Mayet e Hughes, 2003; Valezi e Machado, 2011; Rimoldi, Scherrer e Messerli, 2014; Brown *et al.*, 2020). Experimentos randomizados e controlados demonstraram que a redução de 1,00 kg na massa corporal atenuaria a PAS em 1,20 mmHg, anteriormente à diminuição da primeira variável. Isso poderia estar associado às mudanças na dieta, como também, na mitigação da renina plasmática (enzima reguladora da pressão arterial e equilíbrio hídrico) ou ação simpática (Staessen, Fagard e Amery, 1988);

4) Atenuação do consumo de sódico e perfil lipídico. A ingesta de sódio reduzida tenderia a contribuir à redução da pressão arterial em hipertensos e normotensos, favorecendo expostas positivas às intervenções anti-hipertensivas, portanto a recomendação contemporânea seria de 2,30 g de sódio/dia ou 6 g de cloreto de sódio/dia. Não somente em razão da hipertensão, mas como fator de proteção a comprometimentos cardiovasculares adversos (Bombig, Francisco e Machado, 2014; Moraes *et al.*, 2016; Carneiro e Nobre, 2025; Guimarães *et al.*, 2025). Investigações clínicas e epidemiológicas demonstraram que a elevação da pressão arterial potencializaria o desenvolvimento da aterosclerose, talvez, porque perfis lipídicos desfavoráveis (Colesterol Total \geq 200 mg/dl; LDL \geq 100 mg/dl; HDL $<$ 60 mg/dl; Triglicerídeos \geq 150 mg/dl) estariam presentes em indivíduos hipertensos com elevada frequência, cuja associação biológica levaria ao desenvolvimento de doença arterial coronariana (Elias *et al.*, 2004; Ferreira e Ferreira, 2024; Ferreira *et al.*, 2024; Souza *et al.*, 2025; Abreu, 2025)

Imperativamente, necessário seria destacar que 31 pessoas, 31,07%, representaram o Fracasso do programa de intervenção disponibilizado, o que ocorreu em virtude das seguintes características pessoais como dificuldades de adaptação às mudanças alimentares, e Baixa adesão aos exercícios, essa por ausência de familiaridade com o estilo de vida ativo, não identificação com as modalidades disponibilizadas, dificuldade com os horários de prática, rotina cotidiana ou não sensibilizado adequadamente à relevância. Além disso, variáveis não controladas influenciaram os resultados, como uso regular de fármacos, genética e carência pecuniária.

Considerações Finais

Objetivou-se estimar a probabilidade de redução da pressão arterial, utilizando o modelo de Bernoulli. As predições de Sucesso do programa de intervenção convergiram aos resultados observados, especialmente aquelas obtidas pela simulação de Monte Carlo. Então, concluiu-se que o objetivo foi adequadamente alcançado.

Aos estudos futuros recomenda-se controlar variáveis como uso de medicação e condição socioeconômica, porque influenciaram os resultados. Segmentar os pacientes por faixa etária e dicotomia sexual deve possibilitar o refinamento dos resultados. As intervenções devem ser classificadas em razão das combinações escolhidas pelos pacientes, assim como o treinamento de força deve possibilitar modalidades distintas da musculação, dessa forma o desenvolvimento de estudo exponencial poderá ser realizado,

sobretudo com utilização de grupo controle, o que permitirá a comparação das probabilidades e frequências de Sucesso.

Referências

ABREU, AP. Hipertensão na América Latina e no Caribe: uma análise do recente progresso e dos desafios remanescentes. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 47, n. 3, e20240245, 2025.

AMORIM, JS *et al.* Hipertensão arterial sistêmica: uma revisão da literatura atual. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6, n. 7, p. 2549-2563, 2024.

ANTOMAURO JÚNIOR, AC *et al.* Metformina e AMPK: um antigo fármaco e uma nova enzima no contexto da síndrome metabólica. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabolismo**, v. 52, n. 1, p. 120-125, 2008.

BERNARDO, MG. **Efeitos do exercício físico no controlo da pressão arterial: revisão narrativa**. Dissertação (Mestrado Integrado em Medicina). Universidade de Coimbra. Coimbra (Portugal), 2024.

BIRD, SR; HAWLEY, JA. Update on the effects of physical activity on insulin sensitivity in humans. **BMJ Open Sport & Exercise Medicine**, v. 2, n. 1, e000143, 2017.

BOMBIG, MTN; FRANCISCO, YA; MACHADO, CA. A importância do sal na origem da hipertensão. **Revista Brasileira de Hipertensão**, v. 21, n. 2, p. 63-67, 2014.

BOUCHARD, C *et al.* Adverse metabolic response to regular exercise: is it a rare or common occurrence? **PLoS One**, v. 7, n. 5, e37887, 2012.

BOY, N. **Influência das variáveis meteorológicas nos óbitos por doenças cardiovasculares no Município do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca. Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz. Rio de Janeiro, 2018.

BROWN, JM *et al.* The unrecognized prevalence of primary aldosteronism: a cross-sectional study. **Annals of Internal Medicine**, v. 173, n. 1, p. 10–20, 2020.

CARNEIRO, HS; NOBRE, MSRS. Perfil epidemiológico dos óbitos por doenças hipertensivas no período de 2018 a 2023 em Palmas, Tocantins. **Revista Cereus**, v. 17, n. 2, p. 328-343, 2025.

CARNEIRO, HS; NOBRE, MSRS. Perfil epidemiológico dos óbitos por doenças hipertensivas no período de 2018 a 2023 em Palmas, Tocantins. **Revista Cereus**, v. 17, n. 2, p. 328-343, 2025.

CEZÁRIO, DOA. **Análise da associação entre as Doenças Cardiovasculares e as Estações do ano no Município de Três Rios - RJ**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

CORNELISSEN, VA; SMART, NA. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. **Journal of the American Heart Association**, v. 2, n. 1, e004473, 2013.

COSTA, R. A. As ondas de frio e sua influência na saúde pública do pontal do triângulo mineiro, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 14, edição especial, p. 190–212, 2018.

COSTA, RA *et al.* Efeito do Exercício Físico em Indivíduos com Hipertensão Arterial. **Brazilian Journal of One Health**, v. 2, n. 2, p. 532-539, 2025.

COZAC, MC; FABRIN, SCV. Efeitos da Pressão Positiva Contínua as Vias Aéreas (CPAP) em indivíduos com Hipertensão Arterial Sistêmica e condição clínica de Apneia Obstrutiva do Sono: Revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 1, p. e4614148007-e4614148007, 2025.

DIAS, GS *et al.* Fatores de risco associados à hipertensão arterial entre adultos no Brasil: uma revisão integrativa. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 962-977, 2021.

DINIZ, EEL. **A introdução da medicina do estilo de vida na prática para pacientes hipertensos e diabéticos**. Trabalho de Conclusão de Cursos (Especialização em Saúde da Família e Comunidade) – Faculdade de Medicina. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte (MG), 2025.

ELIAS, MC *et al.* Comparação do perfil lipídico, pressão arterial e aspectos nutricionais em adolescentes, filhos de hipertensos e de normotensos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 82, n. 2, 139-142, 2004.

FERREIRA, ES *et al.* Associação entre indicadores sociodemográficos e o estado de saúde com o índice de massa corporal de adultos e idosos com hipertensão arterial acompanhados pela atenção primária à saúde. **Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia**, v. 12, n. 3, p. 4363-4372, 2024.

FERREIRA, ES *et al.* Associação entre indicadores sociodemográficos e o estado de saúde com o índice de massa corporal de adultos e idosos com hipertensão arterial acompanhados pela atenção primária à saúde. **Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia**, v. 12, n. 3, p. 4363-4372, 2024.

FERREIRA, VPJ; FERREIRA, MS. **Associação entre o consumo alimentar e o perfil glicídico, lipídico e a composição corporal de indivíduos com diabetes mellitus tipo 2**. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição) – Departamento de Nutrição. Centro de Ciências da Saúde. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (SC), 2024.

FRANÇA, CAG; CHEROBINI, M. Benefícios e riscos da terapia de reposição hormonal na menopausa: uma revisão sistemática. **Studies in Health Sciences**, v. 6, n. 3, p. e17916-e17916, 2025.

GUIMARÃES, TMR *et al.* Fatores de risco associados ao diabetes e hipertensão em idosos: revisão integrativa. **ARACÊ**, v. 7, n. 9, e8475, 2025.

JESSEN, N *et al.* Exercise increases TBC1D1 phosphorylation in human skeletal muscle. **American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism**, v. 1, n. 1, E164-71, 2011.

JUNIOR, FVA; LOPES, ER; SANTANA, JGS. Abordagem multidisciplinar no controle da hipertensão arterial em atenção primária. **Brazilian Journal of One Health**, v. 2, n. 4, p. 49-57, 2025.

KRAEMER, TR *et al.* Análise da adesão ao tratamento medicamentoso de hipertensão arterial sistêmica no município de Matelândia-PR-Brasil. **Enfermagem Brasil**, v. 24, n. 2, p. 2219-2230, 2025.

LIMA, AVO; SARAIVA, YO; ARRUDA, JT. Associação entre IMC, hipertensão e diabetes na população adulta de Goiás. **Revista Científica da Escola Estadual de Saúde Pública de Goiás "Cândido Santiago"**, v. 11, p. 1-7 11e7, 2025.

LIMA, MJL. Programas de Reabilitação de exercício físico em adultos com doença crônica. **RIAGE - Revista Ibero-Americana de Gerontologia**, v. 7, n. 7, p. 398-407, 2025.

LIMA, MMO *et al.* As Estratégias para alcance de metas de controle da hipertensão e diabetes em Unidade Saúde da Família. **Revista Pró-UniverSUS**, v. 16, n. 3, p. 221-226, 2025.

MAYET, J; HUGHES, A. Cardiac and vascular pathophysiology in hypertension. **Heart**, v. 89, n. 9, p. 1104-1109, 2003.

MONTEIRO, CAC. Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) como disfunção cardíaca sob controle do Exercício Físico (EF) entre adultos e idosos no envelhecimento. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 3, e6814348449, 2025.

MONTEIRO, CAC. Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) como disfunção cardíaca sob controle do Exercício Físico (EF) entre adultos e idosos no envelhecimento. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 3, e6814348449, 2025.

MONTELES, BML *et al.* Apneia do sono e saúde cardiovascular: entendendo os impactos e riscos associados. **Revista de Medicina**, v. 104, n. 3. esp., 2025.

MORAES, ALS *et al.* Teor de sódio nos alimentos e seus efeitos no metabolismo humano: Uma revisão bibliográfica. **Revista de Ciências da saúde nova esperança**, v. 14, n. 2, p. 115-122, 2016.

NASCIMENTO, TTB. **Mortalidade por doenças crônicas no Semiárido Brasileiro: hipertensão arterial e diabetes mellitus**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Estatística) - Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa (PB), 2025.

OLIVEIRA, MRG; MEDEIROS NETO, LB. Simulação de Monte Carlo e valuation: uma abordagem estocástica. **REGE - Revista de Gestão**, v. 19, n. 3, p. 493-511, 2012.

PAGAN, LU; GOMES, MJ; OKOSHI, MP. Função endotelial e exercício físico. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 111, n. 4, p. 540-541, 2018.

PIRES, APL *et al.* Análise epidemiológica de hipertensos primários no estado do paraná e seus fatores de risco. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 19, n. 1, p. 1-12, 2025. DOI: 10.61164/2hq3dk31

RIMOLDI, SF; SCHERRER, U; MESSERLI, FH. Secondary arterial hypertension: when, who, and how to screen? **European Heart Journal**, v. 35, n. 19, p. 1245–1254, 2014.

ROSS, R *et al.* Precision exercise medicine: understanding exercise response variability. **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 18, 1141-1153, 2019.

ROSS, S. **Probabilidade**: um curso moderno com aplicações. Porto Alegre (RS): Bookman, 2010.

RUIVO, JA; ALCÂNTARA, P. Hipertensão arterial e exercício físico. **Revista Portuguesa de Cardiologia**, v. 31, n. 2, p. 151-158, 2012.

SANTANA, JT *et al.* O processo de afirmação de gênero e os impactos na saúde dos transexuais. **Cogitare Enfermagem**, v. 30, p. e96228pt, 2025.

SASAKI, JE; SANTOS, MG. O papel do exercício aeróbico sobre a função endotelial e sobre os fatores de risco cardiovasculares. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 87, n. 5, p. e226-e231, 2006.

SHONKWILER, RW; MENDIVIL, F. **Explorations in Monte Carlo methods**. New York (EUA): Springer, 2014.

SILVA, BE; BITENCOURT, RM. Terapia de reposição hormonal no climatério: vantagens, desvantagens e alternativas. **Inova Saúde**, v. 15, n. 1, p. 179-195, 2025.

SILVA, CEL *et al.* O papel da ativação da via AMP-Activated Protein Kinase (AMPK) na modulação metabólica de pacientes diabéticos: uma revisão integrativa. **Cuadernos De Educación Y Desarrollo**, v. 17, n. 1, e7271, 2025. <https://doi.org/10.55905/cuadv17n1-099>

SILVA, CO; COSTA, RA. A relação das ondas de frio com a incidência do infarto agudo do miocárdio (IAM) em Ituiutaba-MG: estudo de caso do ano de 2019. **Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 19, 2023.

SILVA, JL *et al.* Efeito do exercício físico na disfunção endotelial. **Revista Saúde & Diversidade**, v. 1, n. 1, p. 12-17, 2017.

SILVA, LL *et al.* Distúrbios do sono como fator de risco para doenças cardiovasculares: revisão integrativa. **Brazilian Journal of One Health**, v. 2, n. 2, p. 193-202, 2025.

SILVA, MA *et al.* Relação entre obesidade central e hipertensão: o que a medida da circunferência abdominal nos revela? **Brazilian Journal of Health Review**, v. 8, n. 3, p. e80250-e80250, 2025.

SILVEIRA, AF *et al.* Hipertensão e condições clínicas associadas. **Revista Interdisciplinar**, v. 18, n. 1, p. 74-84, 2025.

SOUZA, AES *et al.* Risco cardiovascular em indivíduos residentes em comunidades rurais em um município da Amazônia. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 25, n. 5, e20232, 2025.

SOUZA, SC; DASCAL, JB. Efetividade de um programa de aconselhamento para a prática de atividade física para pessoas hipertensas. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 8, n. 3, e80653, 2025.

STAESSEN, J; FAGARD, R; AMERY, A. The relationship between body weight and blood pressure. **Journal of Human Hypertension**, v. 2, n. 4, p. 207–217, 1988.

TAN, Q; LI, Y; GUO, Y. Exercício físico melhora as funções das células progenitoras endoteliais em pacientes com síndrome metabólica. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 117, n. 1, p. 108-117, 2021.

THOMSON, DM. The role of AMPK in the regulation of skeletal muscle size, hypertrophy, and regeneration. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 10, 3125, 2018. <https://doi.org/10.3390/ijms19103125>.

VALEZI, AC; MACHADO, VHS. Emagrecimento e desempenho cardíaco. ABCD. **Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva (São Paulo)**, v. 24, n. 2, p. 131-135, 2011.

VIULA, CPT *et al.* A relação entre distúrbios do sono e a obesidade: uma revisão integrativa. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 7, n. 2, p. 323–339, 2025.

WALPOLE, RE *et al.* **Probabilidade e estatística para engenharia e ciências**. São Paulo: Pearson Universidades, 2008.

WHELTON, PK *et al.* 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults. **Hypertension**, v. 71, n. 6, p. 1269-1324, 2018.

WILLIAMS, B *et al.* 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH). **European Heart Journal**, v. 39, n. 33, p. 3021-3104, 2018.