

Anderson Pontes Morales

**Efeitos Agudos da Suplementação de Cafeína no Desempenho Anaeróbico,
Variabilidade da Frequência Cardíaca, Parâmetros Bioquímicos, Psicobiológicas e
Oxigenação Muscular ao Longo do Ciclo Menstrual em Mulheres Praticantes de Cross
Training**

Projeto apresentado à Universidade Federal do
Rio de Janeiro – Campus Macaé, como parte
do processo seletivo para o curso de Pós
Doutorado ProdBio 2025.2

Orientador: Profa. Dra. Beatriz Ribeiro Gonçalves

Orientando: Prof. Dr. Anderson Pontes Morales

1. RESUMO

A cafeína é um recurso ergogênico usado para melhorar o desempenho esportivo, especialmente em esportes de alta intensidade como o *cross training*. Em mulheres, as variações hormonais do ciclo menstrual podem influenciar o desempenho físico e a cafeína pode atenuar possíveis quedas de performance. Este estudo pretende investigar os efeitos agudos da suplementação de cafeína em diferentes fases do ciclo menstrual sobre o desempenho físico e variáveis psicobiológicas em mulheres praticantes de *cross training*. Com delineamento crossover, duplo cego e randomizado, mulheres eumenorreicas serão submetidas à suplementação aguda de cafeína (6 mg/kg) e placebo nas fases folicular e lútea. Serão avaliadas variáveis de desempenho em testes físicos (Agachamento no Smith e Wingate), percepção subjetiva de esforço, humor, ansiedade e satisfação com o exercício. As fases do ciclo serão determinadas por monitoramento via aplicativo e confirmadas com teste rápido de hormônio luteinizante. Os resultados poderão contribuir para o desenvolvimento de estratégias ergogênicas individualizadas no contexto do treinamento feminino de alta intensidade.

2. INTRODUÇÃO

A cafeína é uma substância ergogênica amplamente estudada, com eficácia e segurança comprovadas em diversas modalidades esportivas (Guest et al., 2021; Maughan et al., 2018). Quimicamente denominada 1,3,7-trimetilxantina, é um alcaloide pertencente ao grupo das xantinas, com estrutura composta por três grupos metila. Por sua ação estimulante sobre o sistema nervoso central (SNC), a cafeína já integrou a lista de substâncias restritas do Comitê Olímpico Internacional (COI), sendo retirada apenas em 2004. Desde então, a World Anti-Doping Agency (WADA) apenas monitora o seu uso (Guest et al., 2021; Maughan et al., 2018; WADA, 2004; Burke, 2008).

Atualmente, a cafeína é amplamente utilizada entre praticantes de exercícios intermitentes de alta intensidade, como o *cross training* (Caetano et al., 2023; Zhang et al., 2024). Seu mecanismo de ação está principalmente associado ao antagonismo dos receptores de adenosina no SNC, o que resulta na redução de sinais de sonolência e fadiga, aumento do estado de alerta, foco e diminuição da percepção subjetiva de esforço (PSE) (Taylor et al., 2016; Tornero-Aguilera et al., 2022). Além disso, a cafeína possui efeitos periféricos, promovendo maior excitabilidade neuromuscular, otimização do recrutamento de unidades motoras e aumento da capacidade de contração muscular (Enoka & Duchateau, 2016; Guest et al., 2021).

Esses mecanismos tornam sua aplicação particularmente interessante para modalidades como o *cross training*, que se caracteriza pela combinação de exercícios de força neuromuscular, potência e resistência em sessões de alta intensidade (Guest et al., 2021; Grgic et al., 2020; McLellan, Caldwell & Lieberman, 2016). A estrutura dos treinos, conhecidos como *Workouts of the Day* (WODs), envolve a execução de blocos que frequentemente mesclam exercícios resistidos com movimentos explosivos e esforços anaeróbicos intermitentes, exigindo que o praticante sustente desempenho sob condições de fadiga acumulada (Schlegel & Krehky, 2022; Safari et al., 2025).

Neste contexto, estratégias que simulam situações reais de treino, como protocolos que induzem *pré-fadiga* — isto é, uma fadiga muscular localizada prévia a um esforço

subsequente — são relevantes para investigar o impacto de intervenções ergogênicas. No *cross training*, a execução sequencial de exercícios compostos, por exemplo agachamentos seguidos de sprints ou saltos, reproduz situações em que a musculatura principal é parcialmente exaurida antes de demandas de potência, caracterizando um cenário típico de *pré-fadiga* funcional (Augustsson et al., 2003; Gentil, Fisher & Steele, 2017).

Estudos prévios demonstram que a suplementação aguda de cafeína pode melhorar potência, aumentar a tolerância ao esforço, retardar a fadiga e potencializar o desempenho em força e resistência muscular (Sampaio-Jorge et al., 2021; Morales et al., 2020; Fogaça et al., 2020; Glowka et al., 2024; Caetano et al., 2023).

Paralelamente, observa-se um aumento significativo da participação de mulheres no esporte nas últimas décadas. Nos Jogos Olímpicos, por exemplo, a presença de mulheres passou de 34% na década de 1990 para 48% em Tóquio, em 2020 (IOC, 2025). Dentro desse cenário, o *cross training* se destaca como modalidade que promove equidade de gênero, com padrões de provas semelhantes entre homens e mulheres em competições regionais e mundiais (Schlegel & Krehky, 2022).

Contudo, é fundamental considerar as particularidades fisiológicas da mulher. As oscilações hormonais do ciclo menstrual parecem influenciar o desempenho físico e promover a utilização de diferentes substratos como combustível durante o exercício (McNulty et al., 2020; Isacco & Boisseau, 2017). O ciclo menstrual é composto de três fases principais: folicular, ovulatória e lútea. Na fase folicular, há predomínio estrogênico até o pico ovulatório, seguido por um aumento de progesterona na fase lútea (Larrosa et al., 2024). O antagonismo metabólico entre estrogênio e progesterona ajuda a explicar as variações na performance, na utilização de substratos energéticos e até mesmo na recuperação muscular ao longo do ciclo menstrual (Miegel et al., 2023; Larrosa et al., 2024).

Estudos apontam variações na performance ao longo do ciclo menstrual, com uma possível tendência de redução de desempenho durante a fase folicular, o que reforça a importância da adoção de estratégias nutricionais e ergogênicas para minimizar essas interferências e otimizar a recuperação e o rendimento (McNulty et al., 2020; Safari et al., 2025; Niering et al., 2024; Kissow et al., 2022). Nesse contexto, a cafeína pode exercer efeito ergogênico

relevante, sendo uma aliada para atenuar possíveis quedas de performance em mulheres eumenorreicas (Lara et al., 2019; Norum et al., 2029; Santana et al., 2022; McNulty et al., 2020; Larrosa et al., 2024).

Além das variáveis de desempenho, o monitoramento da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem ganhado destaque como indicador não invasivo do equilíbrio autonômico, permitindo identificar alterações fisiológicas relacionadas à cafeína e às flutuações hormonais em diferentes fases do ciclo menstrual (Yildirim et al., 2002). Evidências também sugerem que a ingestão de cafeína pode modular positivamente essa resposta autonômica durante o exercício, com potenciais efeitos cardioprotetores (Sampaio-Jorge et al., 2021).

As diretrizes recomendam doses de 3 a 6 mg/kg para obtenção segura e eficaz dos efeitos ergogênicos da cafeína. Doses superiores não mostraram maior benefício e podem acarretar efeitos adversos (Guest et al., 2021; Grgic et al., 2020; Mielgo-Ayuso et al., 2019), como taquicardia, tremores, ansiedade, nervosismo, desconforto gastrointestinal, aumento da diurese e distúrbios do sono (Grgic et al., 2020; Southward et al., 2018; Wickham & Spriet, 2018). Dessa forma, sua utilização deve ser orientada por estratégias individualizadas, considerando perfil biológico, fase do ciclo e especificidade do esporte (Guest et al., 2021; Southward et al., 2018; Wickham & Spriet, 2018).

Diante da escassez de estudos, este projeto tem como objetivo avaliar os efeitos agudos da suplementação de cafeína sobre parâmetros de desempenho físico anaeróbico, fisiológicos e bioquímicos em mulheres eumenorreicas praticantes de *cross training*, considerando as diferentes fases do ciclo menstrual, sob condição experimental de pré-fadiga controlada.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Investigar os efeitos agudos da suplementação de cafeína sobre o desempenho anaeróbico, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), parâmetros bioquímicos, psicobiológicas e a oxigenação muscular em mulheres eumenorreicas praticantes de *cross training*, considerando as fases folicular e lútea do ciclo menstrual.

3.2. Objetivos Específicos

- Comparar os efeitos da suplementação aguda de cafeína sobre o desempenho anaeróbico (potência de pico, média e índice de fadiga no teste de Wingate) entre as fases folicular e lútea do ciclo menstrual.
- Avaliar as respostas da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) antes, durante e após o exercício, com e sem suplementação de cafeína, nas diferentes fases do ciclo menstrual.
- Analisar os parâmetros bioquímicos relacionados ao estresse fisiológico e metabolismo energético (ex: lactato) em ambas as condições (cafeína e placebo) e fases do ciclo.
- Comparar os efeitos da cafeína na oxigenação muscular (por espectroscopia no gastrocnêmio) ao longo do ciclo menstrual e entre as condições experimental e controle.
- Verificar se há interação entre fase do ciclo e suplementação de cafeína sobre as variáveis analisadas (desempenho, VFC, bioquímica, oxigenação muscular e psicobiológicas).

4. MÉTODOS

4.1. Delineamento Experimental

O presente estudo seguirá um delineamento randomizado, duplo-cego, cruzado (crossover), com duas condições experimentais: suplementação aguda de cafeína (6 mg/kg) e placebo (silicato). As avaliações serão realizadas em duas fases distintas do ciclo menstrual: fase folicular precoce (após o início do sangramento menstrual) e fase lútea (após a detecção do pico do hormônio luteinizante), confirmada por meio de teste rápido. Todos os testes serão conduzidos no período da manhã, a fim de padronizar os efeitos do ritmo circadiano sobre as variáveis analisadas.

4.2. Amostra

O cálculo amostral será realizado a priori no software G*Power 3.1, considerando tamanho de efeito $f = 0,40$, erro alfa (α) de 0,05, poder estatístico ($1-\beta$) de 0,80, quatro medições por sujeito (cafeína folicular, placebo folicular, cafeína lútea, placebo lútea) e

correlação entre medidas de 0,5. Com esses parâmetros, estima-se um número mínimo de 16 participantes. Visando compensar possíveis perdas amostrais, será adotada uma superestimação de 25%, totalizando 20 participantes. A amostra será composta por mulheres eumenorreicas praticantes de Cross Training, entre 18 e 40 anos, com no mínimo 12 meses de prática contínua e frequência semanal igual ou superior a quatro sessões.

Critérios de Inclusão:

Serão incluídas mulheres entre 18 e 40 anos, praticantes de *cross training* há pelo menos 12 meses, com frequência mínima de quatro sessões semanais e ciclo menstrual regular (eumenorreicas). A participação será voluntária, mediante compreensão dos procedimentos e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Critérios de Exclusão:

Serão excluídas mulheres com contraindicações ao uso de cafeína, como histórico de arritmias, hipertensão não controlada, distúrbios gastrointestinais ou transtornos psiquiátricos. Também serão excluídas aquelas que utilizam medicamentos ou suplementos que interfiram no metabolismo da cafeína ou nas variáveis avaliadas, como anticoncepcionais hormonais, sedativos, ansiolíticos e termogênicos. Gestantes, lactantes, mulheres em terapia hormonal exógena ou com ciclo menstrual irregular também não serão incluídas. Adicionalmente, serão excluídas consumidoras habituais de altas doses de cafeína, abstinências, fumantes, usuárias frequentes de álcool, além de participantes com lesões não reabilitadas, doenças metabólicas ou endócrinas não controladas, ou qualquer condição que limite a realização dos testes físicos. Os sujeitos que não seguirem os protocolos experimentais e dietéticos do estudo também serão desclassificados.

4.3. Procedimento Experimental

O procedimento experimental está demonstrado em Figura 1. O estudo será um ensaio clínico experimental, randomizado, duplo-cego e cruzado (crossover) com as participantes realizando os testes no período da manhã (7h às 9h) durante a fase folicular (com uma janela de 5 dias após o início do sangramento menstrual) e a fase lútea (com uma janela de 5 dias após o pico do hormônio luteinizante), também com suplementação de cafeína (6 mg/kg) ou

placebo (silicato), em cápsulas idênticas, administradas em ordem aleatória e com washout mínimo de 24h entre as sessões experimentais. A definição da fase lútea será realizada por meio de teste imunocromatográfico de detecção do hormônio luteinizante (LH) na urina, utilizando testes comerciais, realizado diariamente entre os dias 12 e 16 do ciclo menstrual, considerando um ciclo médio de 28 dias, até a identificação do pico de LH (linha teste igual

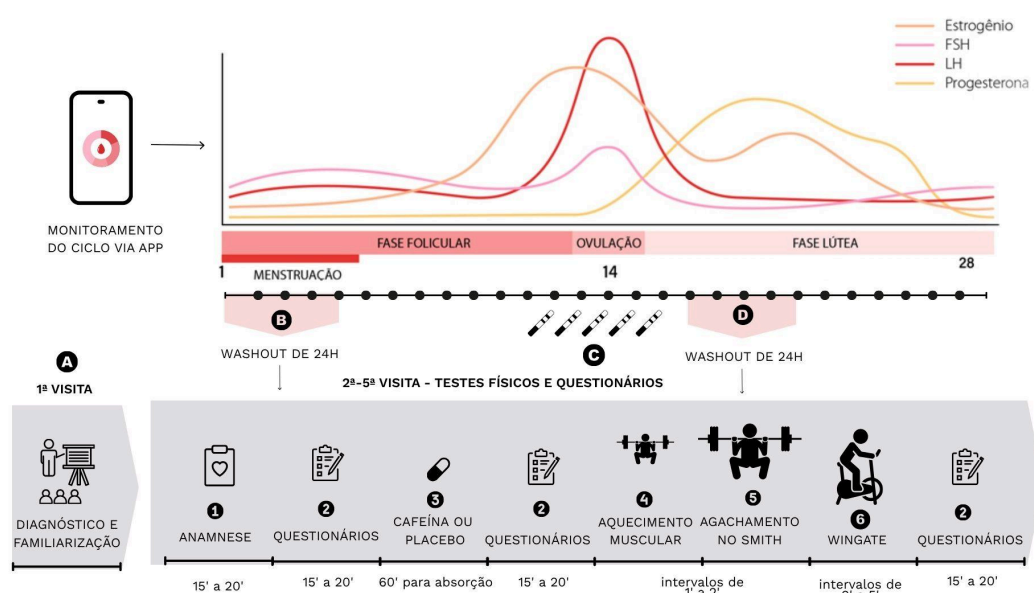


Figura 1. Desenho Experimental. Fonte: Autor

Legenda: A) Diagnóstico e Familiarização; B) Testes na Fase Folicular; C) Testes de LH para detecção do Pico Hormonal; D) Testes na Fase Lútea. 1) Anamnese; 2) Questionários: IDADE, POMPS, PACES-8, PSE; 3) Ingestão da Cafeína ou Placebo, com Washout de 24h; 4) 2x 15 repetições (30% 10RM); 5) 4x 10 repetições (85% 10RM); 6) 30s de Wingate.

ou mais escura que a linha controle). A fase folicular será confirmada com base no autorrelato acompanhado de rastreamento via aplicativo. A confirmação das fases será obrigatória para o agendamento das sessões. Cada participante comparecerá ao laboratório em cinco ocasiões distintas. Na primeira, ocorrerá os procedimentos diagnósticos com antropometria, consumo alimentar (recordatório de 24 horas e ingestão habitual de cafeína) e a familiarização do teste de Wingate e determinação da carga para 10 repetições máximas (10RM) no agachamento do equipamento Smith®. As participantes receberão kits de teste de LH e orientações para o monitoramento do ciclo menstrual via aplicativo, obrigatórios para definição das fases do ciclo e agendamento das sessões experimentais. Nas quatro sessões experimentais subsequentes, as participantes seguirão o mesmo protocolo, variando apenas a

condição (caféina ou placebo) e a fase do ciclo menstrual (folicular ou lútea), com período de washout de 24 horas entre as sessões. Ao chegar ao laboratório, cada participante responderá à anamnese e aos questionários de consumo alimentar. Em seguida, realizará a ingestão da cápsula, conforme design de randomização, seguida de 60 minutos de repouso para absorção. Após o período de absorção, será iniciado o protocolo experimental. O aquecimento consistirá em 2 séries de 15 repetições de agachamento no Smith Machine com aproximadamente 30% da carga de 10RM previamente determinada. Na sequência, será executado o protocolo de pré-fadiga: 4 séries de 10 repetições de agachamento no Smith Machine, utilizando carga correspondente a aproximadamente 85% da carga de 10RM, com intervalos de 1 a 2 minutos entre as séries. O objetivo é induzir fadiga muscular submáxima de forma padronizada, evitando a falha concêntrica voluntária completa. Imediatamente após o protocolo de pré-fadiga, as participantes realizarão três testes de Wingate em cicloergômetro, com duração de 30 segundos cada, utilizando carga equivalente a 7,5% da massa corporal, com intervalo de 2 a 5 minutos entre os sprints. A percepção subjetiva de esforço (PSE) será aplicada em momentos específicos: antes do protocolo, imediatamente após a pré-fadiga, entre os testes de Wingate e ao final da sessão. Todo o estudo será realizado no Laboratório de Fisiologia Aplicada à Saúde, Performance e Educação Física (LAPESPEF/ISECENSA) em parceria com o Laboratório de Pesquisa em Ciência do Esporte (LAPICEN/UFRJ-Macaé), devidamente equipado para a condução dos procedimentos propostos.

Avaliação Antropométrica

A massa corporal será obtida por bioimpedância (InBody270, PPS®), e a estatura, por antropômetro vertical (precisão de 0,1 cm). A partir desses dados, será calculado o Índice de Massa Corporal (IMC), conforme critérios da OMS (WHO, 1995). As medições ocorrerão no primeiro dia de avaliação, com os participantes em jejum leve, descalços e com roupas leves, seguindo os protocolos padronizados de aferição antropométrica.

Anamnese, Avaliação Dietética e Consumo Habitual de Caféina

Antes das sessões experimentais, será realizada uma anamnese para coleta de dados gerais de saúde, histórico de treino e informações relevantes. Em cada sessão experimental,

será aplicado um recordatório alimentar de 24 horas para estimar a ingestão do dia anterior, analisado pelo software WebDiet® quanto aos macronutrientes e valor energético total. Para padronizar a alimentação, os participantes receberão orientações para manter a mesma dieta nas 24 horas prévias a cada sessão, minimizando variações que possam afetar os resultados. O consumo de cafeína será avaliado pelo questionário validado e adaptado de Landrum (1992), o qual lista alimentos, suplementos e medicamentos contendo cafeína, organizados por períodos do dia. A ingestão diária total de cafeína (mg/dia) será estimada com base em tabelas de composição de alimentos e informações dos rótulos dos produtos consumidos.

Teste de 10 Repetições Máximas (10RM) no Agachamento no Smith

O teste de 10 repetições máximas (10RM) no agachamento será realizado no Smith Machine para determinar a carga máxima que o participante consiga levantar por 10 repetições. Antes, os participantes farão aquecimento com duas séries (~50% e ~70% da carga estimada), com intervalos de 2 a 5 minutos. A carga inicial será baseada na experiência do praticante, permitindo até 5 tentativas, com intervalos mínimos de 5 minutos. A execução seguirá técnica padronizada: descida até 90° de flexão do joelho e extensão completa na subida, guiada por metrônomo (2s excêntrica, 1s concêntrica). Repetições serão válidas apenas se mantiverem amplitude e ritmo. A carga definida servirá para o protocolo de pré-fadiga nas sessões experimentais.

Protocolo de Esforço Físico – Pré-Fadiga e Testes de Wingate

O protocolo de esforço físico inclui duas etapas sequenciais: pré-fadiga muscular e duas séries do teste Wingate, sem recuperação entre elas. A pré-fadiga consiste em 4 séries de 10 repetições no exercício de agachamento na barra guiada (Smith Machine), com cargas de 85% de 10RM, seguindo cadência controlada por metrônomo (2s excêntrica, 1s concêntrica). Imediatamente após a realização do agachamento (sem intervalo), o sujeito realizará três séries de Wingate de 30 segundos em cicloergômetro Biotec 2100 (Cefise®), com carga de 7,5% do peso corporal, separadas por 5 minutos de recuperação passiva. O equipamento usa software Ergometric® 7.0 para coleta automática dos dados. Os participantes iniciam a pedalada de 0 rpm, buscando atingir e manter máxima velocidade e esforço durante os 30 segundos, sendo motivados verbalmente por membros da equipe. Serão coletados: potência

de pico, potência média, índice de fadiga e curva de potência. Essa abordagem permite avaliar com sensibilidade os efeitos agudos da cafeína no desempenho anaeróbico, tolerância à fadiga e variáveis fisiológicas.

Efetividade do Protocolo de Pré-Fadiga

Com o objetivo de verificar a efetividade da indução à pré-fadiga neuromuscular, será realizada uma etapa metodológica adicional com um subgrupo de cinco participantes que também integrarão a amostra principal. Essa avaliação ocorrerá em um dia diferente do protocolo experimental (cafeína x placebo), mas com as mesmas condições de horário, ambiente e preparação física. Inicialmente, as participantes realizarão cinco saltos verticais consecutivos, com intervalo de 5 segundos entre os saltos, avaliados por meio da plataforma de contato Optical Jump System® (Cefise). Em seguida, será aplicado o protocolo completo de pré-fadiga (4 séries de 10 repetições no agachamento com 85% de 10RM, cadência de 2s excêntrica e 1s concêntrica, intervalo de 1 minuto). Imediatamente após a última série, os mesmos cinco saltos verticais serão reaplicados nas mesmas condições. A comparação entre a média da altura dos saltos antes e após o protocolo permitirá identificar a presença de fadiga neuromuscular aguda. Para análise estatística, será verificada a normalidade dos dados (Shapiro-Wilk) e aplicada, conforme o caso, o teste t pareado ou o teste de Wilcoxon (caso não normal). Além disso, será calculada a queda percentual média de desempenho por meio da fórmula:

$$\text{Queda}\% = \frac{(\text{Altura pré} - \text{Altura pós})}{\text{Altura pré}} \times 100$$

Uma redução ≥ 5 a 10% na altura média dos saltos verticais será considerada indicativa de efetiva indução de pré-fadiga neuromuscular, conforme proposto por Gathercole et al. (2015) e de Freitas et al. (2020). Esse procedimento metodológico visa validar o modelo experimental aplicado, demonstrando que o estímulo resistido (agachamento) gera uma sobrecarga suficiente para comprometer a performance explosiva, mesmo em atletas treinados, e simula a fadiga funcional presente em sessões reais de *cross training*.

Avaliação da Saturação de Oxigênio Muscular (StO₂)

A saturação de oxigênio muscular (StO₂) será avaliada utilizando o sensor portátil MOXY Monitor® (Fortiori Design LLC, EUA), baseado na técnica de espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS). A mensuração será realizada em repouso basal, antes do início do protocolo experimental, com o objetivo de verificar o status de oxigenação tecidual nos músculos vasto lateral, gastrocnêmio medial e tibial anterior, que representam importantes grupos musculares ativados durante os exercícios realizados no *cross training*. O posicionamento dos sensores será padronizado: no vasto lateral, o sensor será colocado a dois terços da distância entre a espinha ilíaca ântero-superior e a borda superior da patela, na linha média lateral da coxa; no gastrocnêmio medial, será posicionado sobre a maior protuberância do ventre muscular; e no tibial anterior, a um terço superior da perna, na borda lateral da tíbia. A pele será previamente higienizada com álcool 70% e os sensores serão fixados com faixas compressivas elásticas e cobertos com material opaco para bloqueio da luz ambiente, garantindo a qualidade dos dados coletados. A coleta ocorrerá com a participante em posição sentada confortável ou semi-reclinada (entre 30° e 45°), em ambiente climatizado (22 a 24 °C) e com iluminação indireta. Os sensores registrarão continuamente os dados de saturação de oxigênio a cada dois segundos, durante cinco minutos de repouso absoluto. Para análise, será considerada a média dos valores de StO₂ dos últimos 60 segundos dessa fase de repouso basal. Os dados obtidos serão utilizados para comparações entre as condições placebo e cafeína, bem como entre as fases folicular e lútea do ciclo menstrual.

Avaliação da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) será avaliada com o objetivo de verificar a modulação autonômica antes e após os testes de performance. A coleta será realizada com a cinta torácica da marca Avanutri, conectada via Bluetooth ao aplicativo Elite HRV, instalado em smartphone com sistema Android compatível. A coleta será conduzida em duas três etapas: a primeira, antes da ingestão da cápsula, e a segunda durante, e a terceira, imediatamente após o término do protocolo de exercício físico, em ambas as condições experimentais (cafeína e placebo). Em ambas as coletas, o participante permanecerá em decúbito dorsal, em ambiente silencioso, com temperatura controlada (~22°C), por um período contínuo de 15 minutos, sendo instruído a evitar movimentos e manter a respiração espontânea e tranquila. Os arquivos de intervalo R-R (RRi) serão exportados do Elite HRV no formato .txt e processados posteriormente no software HRVanalysis® versão 1.2. Serão analisados os parâmetros temporais (ex.: RMSSD, SDNN), frequenciais (LF, HF, LF/HF) e

não lineares (ex.: Poincaré), conforme as diretrizes internacionais de análise da VFC. Os cinco primeiros minutos serão descartados como tempo de estabilização, sendo utilizados os 10 minutos finais para análise quantitativa.

Análise dos Parâmetros Bioquímicos

Com o objetivo de avaliar a resposta fisiológica ao exercício e aos efeitos da cafeína, serão analisados parâmetros bioquímicos relacionados à fadiga, metabolismo energético e estresse fisiológico. As coletas sanguíneas venosas (10 mL) serão realizadas antes e imediatamente após os testes de performance, em cada uma das quatro sessões experimentais. A coleta será realizada por uma enfermeira devidamente habilitada, integrante da equipe técnica (não executora do projeto). Um cateter intravenoso 20G radiopaco e apirógeno (Introcan Safety™) será inserido na veia antecubital e conectado a um perfusor de duas vias (VitalGold®). Após a primeira coleta, será injetada uma solução salina heparinizada (2 mL), preparada com 1 mL de heparina sódica (Eurofarma) em 10 mL de soro fisiológico, para evitar coagulação. Antes de cada nova coleta, serão retirados e descartados 2 mL da solução salina heparinizada e 1 mL de sangue, para limpeza do sistema. As amostras serão acondicionadas da seguinte forma: 2,8 mL em dois tubos com EDTA (BD Vacutainer-K3EDTA 15%), 2,8 mL em tubo com heparina (BD Vacutainer – Heparina Sódica 72 U.S.P.), e 1,6 mL em tubo com fluoreto de sódio e EDTA dissódico (NaF/Na₂EDTA). O sangue fresco será centrifugado a 2500 rpm por 20 minutos, e o plasma e o soro obtidos serão armazenados a -20°C até a realização das análises. A análise de lactato será realizada no plasma utilizando kits comerciais da marca Labtest®, com leitura espectrofotométrica automatizada no analisador BIOplus 200® (Bioclin/Quibasa, São Paulo, Brasil). A análise da cafeína sérica será conduzida por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). Será utilizado um cromatógrafo Shimadzu® (Kyoto, Japão), equipado com bomba quaternária LC-20AT, detector de matriz de díodos SPD-M20A, coluna CTO-20A mantida a 35°C e degaseificador DGU-20A5. O software AnLCSolution v1.25 SP1 será empregado para controle do sistema e aquisição dos dados.

Avaliação biopsicobiológica

A ansiedade será avaliada pelo Inventário de Ansiedade Traço-Estado (IDATE) de Spielberger et al. (1970), que contém duas escalas de 20 questões cada, medindo traço e estado de ansiedade (Dos Santos; Galdeano, 2009; Keipper e Torres, 2008). O Perfil de Estado de Humor (POMS) avaliará estados emocionais e variações de humor, abrangendo tensão-ansiedade, depressão, hostilidade, fadiga, vigor e confusão (Viana et al., 2001). Para avaliar a satisfação com o exercício físico, serão utilizadas escalas que medem a afetividade

gerada pela atividade. A escala PACES-8 (Mullen et al., 2011) usa uma escala de 1 a 7 para expressar concordância com oito itens sobre satisfação no exercício. A percepção subjetiva de esforço será avaliada pela Escala de Borg (1982), que varia de 6 (“esforço muito leve”) a 20 (“esforço máximo”). Essa ferramenta psicofísica validada é amplamente usada e correlaciona-se fortemente com parâmetros fisiológicos, permitindo estimar com precisão a intensidade do exercício pela percepção do participante. Será aplicado antes, e após os testes.

Monitoramento do Ciclo Menstrual

O ciclo menstrual será classificado segundo os critérios da Federação Internacional de Ginecologia e Obstetrícia (FIGO). As participantes serão categorizadas como eumenorreicas quando apresentarem ciclos com frequência entre 24 e 38 dias, regularidade com variação de até 7 a 9 dias em um período de 12 meses, duração do sangramento não superior a 8 dias e volume de fluxo não excessivo. (Munro *et al*, 2011) O monitoramento do ciclo menstrual das participantes será feito por monitoramento em aplicativos validados (*Clue*, *Flo*, *My Calendar*) e por análise do hormônio luteinizante (LH) na urina. Os apps registram sintomas, duração do ciclo e sangramento, além de estimar fases do ciclo, auxiliando na definição da janela fértil para os testes de LH. A confirmação da ovulação será realizada com testes imunocromatográficos comerciais (*Clearblue*, *One Step*, *Fertility2Family*), aplicados no primeiro jato da manhã entre os dias 12 e 16 do ciclo, até detectar o pico de LH (linha teste igual ou mais escura que a controle), que marca o pico de ovulação e o início da fase lútea. As participantes enviarão foto do resultado para comprovação. Os dados serão coletados em dois momentos: fase folicular (48h após início do sangramento) e fase lútea (após pico de LH), garantindo precisão na identificação das fases e análise dos desfechos.

Teste de Eficácia do Cegamento

É necessário determinar as crenças das participantes sobre a suplementação a qual foram submetidas no estudo. Com esse objetivo, imediatamente após as sessões experimentais as participantes deverão responder a pergunta “qual suplemento você acredita que ingeriu?”, com as opções: a) placebo; b) cafeína; c) não sei. A eficácia do cegamento é importante para redução de viés da participante e do pesquisador, além de aumentar a validade do estudo e avaliar o real impacto da cafeína (Sounders et al, 2017).

Análise estatística e aspectos éticos

Será utilizada a estatística descritiva média $\pm$ desvios padrão. O teste *Shapiro-Wilk* será utilizado para verificar a normalidade dos dados. Na análise inferencial será utilizada a análise de variância (ANOVA-*Two-way*) com o teste de post hoc de *Tukey's*. O tamanho do efeito de Cohen será calculado para quantificar as diferenças entre os ensaios experimentais. Será considerado significativo o valor de $p < 0.05$. As análises estatísticas serão realizadas utilizando o software SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). O estudo será enviado ao Comitê de Ética em Pesquisa e inserido na plataforma Registro Brasileiro de ensaios clínicos (REBEC). Os participantes assinarão o TCLE, assegurando compreensão dos objetivos e consentimento voluntário.

5. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que a suplementação aguda de cafeína (6 mg/kg) aumente o desempenho físico em mulheres eumenorreicas praticantes de cross training, promovendo incrementos significativos em força máxima, potência anaeróbica e resistência muscular, conforme observado nos estudos de Caetano *et al.* (2023) e Fogaça *et al.* (2020). Com base em Grgić & Varović (2024) e Norum *et al.* (2020), é esperado que os efeitos ergogênicos da cafeína sejam mais pronunciados durante a fase folicular devido a menores concentrações de progesterona e estrogênio que podem levar a queda nos parâmetros de performance. Assim, é plausível que a cafeína compense eventuais quedas de rendimento que podem ocorrer no início do ciclo menstrual. (Santana *et al.*, 2022; Lara *et al.*, 2020) No aspecto psicobiológico, com base em McNulty *et al.* (2020), Niering *et al.* (2024) e os achados de Grgić & Varović (2024), espera-se que a cafeína reduza a PSE durante os testes de força e potência, além de impactar o humor, os níveis de ansiedade e a satisfação com o exercício. Portanto, de forma geral, é previsto que a cafeína atue como um modulador positivo do desempenho físico e das respostas psicobiológicas, com efeito potencialmente mais pronunciado na fase folicular do ciclo menstrual, evidenciando a importância de considerar o aspecto hormonal em estudos que envolvam mulheres. Com os resultados do estudo pretende-se elaborar duas publicações em revistas científicas classificadas nos extratos A1 e A2 CAPES.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASMUSSEN, E.; BOJE, O. The effect of alcohol and some drugs on the capacity for work. *Acta Physiologica Scandinavica*, v. 15, n. 2, p. 109–113, 1948.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982. DOI: 10.1249/00005768-198205000-00012.

BURKE, L. M. Caffeine and sports performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 2008.

CAETANO, M. L. et al. The effects of acute caffeine supplementation on performance in trained CrossFit® athletes: a randomized, double-blind, placebo-controlled, and crossover trial. *Science & Sports*, v. 38, n. 7, p. 701–707, 2023.

ENOKA, R. M.; DUCHATEAU, J. Translating fatigue to human performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 48, n. 11, p. 2228–2238, 2016. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000929.

FOGAÇA, J. L. et al. Effect of caffeine supplementation on exercise performance, power, markers of muscle damage, and perceived exertion in trained CrossFit men: a randomized, double-blind, placebo-controlled crossover trial. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 60, n. 2, p. 181-188, 2020. DOI: 10.23736/S0022-4707.19.10043-6.

GLOWKA, M. et al. The dose-dependent effect of caffeine supplementation on performance, reaction time and postural stability in CrossFit - a randomized placebo-controlled crossover trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, v. 21, n. 1, 2024. DOI: 10.1080/15502783.2023.2301384.

GRGIĆ, J.; VAROVIĆ, D. Moderators of caffeine's effects on jumping performance in females: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Nutrition Association*, v. 43, n. 1, p. 92–100, 2024. DOI: 10.1080/27697061.2023.2212740.

GUEST, N. S. et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, v. 18, n. 1, 2021. DOI: 10.1186/s12970-020-00383-4.

INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE. Lausanne Declaration on Doping in Sport. 1999. Disponível em:

https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/lausanne_declaration_1999.pdf.

Acesso em: 4 jun. 2025.

ISACCO, L.; BOISSEAU, N. Sex hormones and substrate metabolism during endurance exercise. In: HACKNEY, A. C. (ed.). *Sex hormones, exercise and women: scientific and clinical aspects*. London: Springer, 2017. p. 35–58.

KAIPPER, M. B. Avaliação do inventário de ansiedade traço-estado (IDATE) através da análise de Rasch. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/17463>.

KISSOW, L. et al. Effects of Follicular and Luteal Phase-Based Menstrual Cycle Resistance Training on Muscle Strength and Mass. *Sports Medicine*, v. 52, n. 12, p. 2813–2819, 2022. DOI: 10.1007/s40279-022-01679-y.

KONIDARI, A. et al. Effects of an Acute High Dose of Caffeine on Physiological Responses and Performance During a Strength-Focused CrossFit® Workout: A Randomized, Double-Blind, Crossover Study. *Nutrients*, v. 17, p. 1419, 2025. DOI: 10.3390/nu17091419.

LANDRUM, R. E. College students' use of caffeine and its relationship to personality. *College Student Journal*, v. 26, n. 2, p. 151–155, 1992.

LARA, B. et al. Acute caffeine intake increases performance in the 15-s Wingate test during the menstrual cycle. *British Journal of Clinical Pharmacology*, v. 86, n. 4, p. 745–752, 2020. DOI: 10.1111/bcp.14175.

LJUNGQVIST, A. Brief history of anti-doping. *Medicine and Sport Sciences*, v. 62, p. 1–10, 2017.

MAUGHAN, R. J. et al. IOC Consensus Statement: Dietary Supplements and the High-Performance Athlete. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, v. 28, n. 2, p. 104-125, 2018. DOI: 10.1123/ijsnem.2018-0020.

MCLELLAN, T. M.; CALDWELL, J. A.; LIEBERMAN, H. R. A review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, v. 71, p. 294–312, 2016.

MCNULTY, K. L. et al. The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, v. 50, p. 1813–1827, 2020. DOI: 10.1007/s40279-020-01319-3.

MIEGEL, J. et al. International Society of Sports Nutrition position stand: nutritional concerns of the female athlete. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, v. 20, n. 1, p. 51–69, 2023.

MORALES, A. P. et al. Caffeine supplementation for 4 days does not induce tolerance to the ergogenic effects promoted by acute intake on physiological, metabolic, and performance parameters of cyclists: a randomized, double-blind, crossover, placebo-controlled study. *Nutrients*, v. 12, n. 7, p. 2101, 2020. DOI: 10.3390/nu12072101.

MUNRO, M. G.; CRITCHLEY, H. O. D.; FRASER, I. S. The FIGO classification of causes of abnormal uterine bleeding in the reproductive years. *Fertility and Sterility*, v. 95, n. 7, p. 2204-2208, 2011.

NIERING, L. et al. The Influence of Menstrual Cycle Phases on Maximal Strength Performance in Healthy Female Adults: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports (Basel)*, v. 12, n. 1, p. 31, 2024. DOI: 10.3390/sports12010031.

NORUM, M. et al. Caffeine increases strength and power performance in resistance-trained females during early follicular phase. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 30, n. 11, p. 2116–2129, 2020. DOI: 10.1111/sms.13776.

RIOS, J. et al. Sex-related differences in the acute physiological response to a high-intensity CrossFit® workout. *Current Research in Physiology*, v. 8, p. 100148, 2025. DOI: 10.1016/j.crphys.2025.100148.

SAMPAIO-JORGE, F. et al. Caffeine increases performance and leads to a cardioprotective effect during intense exercise in cyclists. *Scientific Reports*, v. 11, n. 1, p. 24327, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-03158-2.

SANTANA, O. et al. Caffeine reverts loss of muscular performance during the early-follicular phase in resistance-trained naturally menstruating women. *Journal of Sports Sciences*, v. 40, n. 14, p. 1592–1601, 2022. DOI: 10.1080/02640414.2022.2094560.

SAFARI, A. et al. Dark chocolate mitigates premenstrual performance impairments and muscle soreness in female CrossFit® athletes: evidence from a menstrual-phase-specific trial. *Nutrients*, v. 17, p. 1374, 2025. DOI: 10.3390/nu17081374.

SALINERO, J. J. et al. Effects of acute ingestion of caffeine on team sports performance: a systematic review and meta-analysis. *Research in Sports Medicine*, v. 27, n. 2, p. 238-256, 2019. DOI: 10.1080/15438627.2018.1552146.

SAUNDERS, B. et al. Placebo in sports nutrition: a proof-of-principle study involving caffeine supplementation. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 27, p. 1240–1247, 2017. DOI: 10.1111/sms.12793.

SOUTHWARD, K. et al. The effect of acute caffeine ingestion on endurance performance: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, v. 48, n. 8, p. 1913-1928, 2018. DOI: 10.1007/s40279-018-0939-8.

TAYLOR, J. L. et al. Neural contributions to muscle fatigue: from the brain to the muscle and back again. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 48, p. 2294–2306, 2016. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000923.

TORNERO-AGUILERA, J. F. et al. Central and peripheral fatigue in physical exercise explained: a narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, p. 3909, 2022. DOI: 10.3390/ijerph19073909.

WORLD ANTI-DOPING AGENCY. *World Anti-Doping Code*. Montreal: WADA, 2003.
Disponível em:

https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/wada_code_2003_en.pdf.

YILDIRIR, A. et al. Effects of menstrual cycle on cardiac autonomic innervation as assessed by heart rate variability. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, v. 7, n. 1, p. 60–63, 2002.

ZHANG, Y. et al. Timing matters: time of day impacts the ergogenic effects of caffeine — a narrative review. *Nutrients*, v. 16, p. 1421, 2024. DOI: 10.3390/nu16101421.

7. CRONOGRAMA

Fase	Descrição	Tempo estimado	2025.2	2026.1	2026.2	2027.1
0. Submissão e Aprovação CEP	Redação, submissão do projeto, ajustes e aprovação pelo CEP	2-3 meses	X			
1. Recrutamento, monitoramento e avaliações iniciais	Divulgação, consentimento, monitoramento do ciclo via app, visita 1, entrega kits LH	2-3 meses	X			
2. Testes e procedimentos experimentais	Sessões experimentais (4 sessões por participante), aplicação de questionários e protocolos	7-8 meses		X	X	
3. Tabulação, interpretação e análise estatística	Organização dos dados, análise estatística e interpretação	3 meses		X	X	X
4. Redação e defesa	Escrita do relatório e artigos, revisão, preparação para defesa	4 meses			X	X
5. Realização das disciplinas de pós-graduação	Frequência nas aulas e atividades acadêmicas	24 meses	X	X	X	X
6. Revisão bibliográfica	Base de dados (PubMed, Scielo, entre outros)	24 meses	X	X	X	X

8. EXPECTATIVAS PROFISSIONAIS E ACADÊMICAS

Ao longo da minha trajetória como nutricionista, encontrei na nutrição esportiva uma área de grande interesse e realização profissional. Atuo em consultório com praticantes de CrossFit e outros esportes, buscando sempre unir performance com saúde de forma individualizada e baseada em evidências. Com formação em nutrição clínica e especialização lato sensu em Nutrição, Metabolismo e Fisiologia do Exercício Físico, meu desejo agora é expandir meu impacto por meio da pesquisa e da docência. Quero contribuir para a produção de conhecimento científico que reflita a realidade da prática, ajudando a formar profissionais mais preparados e a avançar o campo da nutrição esportiva.