
EDUCAÇÃO FÍSICA

Pedro Paulo Menezes Scariot

**PADRONIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA EQUAÇÃO PARA
DETERMINAÇÃO DO VOLUME CORPORAL EM RATOS WISTAR
SAUDÁVEIS E SEDENTÁRIOS COM IDADE ENTRE 60 E 240 DIAS**



Rio Claro-SP
2011

Pedro Paulo Menezes Scariot

PADRONIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA EQUAÇÃO PARA DETERMINAÇÃO DO
VOLUME CORPORAL EM RATOS WISTAR SAUDÁVEIS E SEDENTÁRIOS COM
IDADE ENTRE 60 E 240 DIAS

Orientador: Maria Alice Rostom de Mello

Co-orientador: Ivan Gustavo Masselli dos Reis

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau de
Bacharel em Educação Física.

Rio Claro
2011

796.0182 Scariot, Pedro Paulo Menezes
M543p Padronização e validação de uma equação para determinação do
volume corporal em ratos wistar saudáveis e sedentários com idade entre
60 e 240 dias / Pedro Paulo Menezes Scariot. - Rio Claro : [s.n.], 2011
68 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Educação Física) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Maria Alice Rostom de Mello
Co-Orientador: Ivan Gustavo Masselli dos Reis

1. Educação física - Métodos estatísticos. 2. Composição corporal. 3.
Densidade corporal. 4. Pesagem hidrostática. 5. Modelo de natação para
ratos. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força e direção que tenho recebido até aqui. Agradeço aos meus pais, pela determinação, luta e dedicação de suas vidas por mim, com o objetivo de sempre melhorar o meu caráter e integridade, os quais também sempre me incentivaram e apoiaram em todas as decisões e caminhos trilhados na minha vida, também agradeço a todos os meus familiares, em especial, a Michelle Sartori pela compreensão e carinho em todos os momentos. É difícil agradecer todas as pessoas que de algum modo, fizeram ou fazem parte da minha vida, por isso primeiramente agradeço a todos que estiveram ao meu lado nesses anos.

Agradeço meus grandes orientadores Claudio Alexandre Gobatto e Maria Alice Rostom de Mello, pelos ensinamentos acadêmicos e profissionais e principalmente pelos valores éticos e morais. Agradeço meu orientador Claudio Alexandre Gobatto o qual me proporcionou uma chance em seu laboratório, que por sinal foi à maior e melhor oportunidade na minha vida. Aos amigos da graduação (BLEF 2008), que estiveram ao meu lado, fazendo com que esses 4 anos fossem os melhores anos da minha vida. Para que eu não cometa nenhum esquecimento, saibam que quando lerem este texto seus nomes estarão sempre grifados em minha vida. No entanto, não poderia deixar de mencionar alguns grandes parceiros, Vinaum, Brunão, Japa, Luquinha, Alex, Luquinha (Testô), todos os integrantes da Rep. Theca, e também grandes amigas, Irla Diniz e Aline.

Agradeço a todos os companheiros do laboratório (LAFAB), em especial queria destacar meus agradecimentos ao Gustavo Araujo, Ivan Masselli, Wladimir Beck, Luiz Ribeiro, Taísa Belli, Fúlvio Gobatto os quais transmitiram diversos conhecimentos que contribuíram significativamente para minha formação acadêmica. Agradeço ao meu amigo e co-orientador Ivan Gustavo, o qual me ensinou e ajudou fielmente durante todo o experimento. Agradeço também a todos os integrantes do laboratório da Maria Alice e Eliete, pela ajuda e companheirismo, aos técnicos de laboratório que foram extremamente importantes durante a realização da pesquisa (BETO, CHINA e CLARICE). Agradeço ao auxílio financeiro da FAPESP, a qual financiou a realização da minha pesquisa durante a iniciação científica. Também não menos importante, agradeço aos animais utilizados na pesquisa, os quais deram sua vida pelo avanço e desenvolvimento científico.

*Vencer não é nada, se não se teve muito esforço; fracassar não é nada se foi realizado o
melhor possível (Nadia Boulanger, pianista)*

RESUMO

A determinação da composição corporal pode ser utilizada para evidenciar diversos fatores entre eles a dieta, o uso de drogas, a incidência de patologias, diferenças genética, nível de treinamento, gênero e idade. No modelo de natação para ratos a composição corporal pode ter um papel determinante na intensidade de exercício, uma vez que os animais utilizados podem apresentar diferentes densidades corporais. Nesse sentido, o objetivo do presente projeto baseia-se na possibilidade de desenvolver uma equação para estimar o volume corporal de ratos sedentários a partir da relação linear entre peso e volume corporais ($r=1,00$) encontrada em estudos anteriores. Dessa forma, tornando prático e viável o uso da densidade corporal para precisa determinação da intensidade de exercício em estudos que utilizam a natação como ergômetro de exercício animal. Para isso serão utilizados 105 *Rattus norvegicus albinus* da linhagem Wistar, os quais serão avaliados em um estudo longitudinal que consiste em avaliações a cada 30 dias, a partir dos 60 até 240 dias de idade, para a determinação do volume corporal através de pesagens hidrostáticas, do índice de lee e análise da composição química da carcaça. Com isso, espera-se poder derivar uma equação para estimar o volume corporal dentro de toda a faixa de idade utilizada ou, no caso não seja encontrada uma relação linear entre peso e volume corporais entre ratos de diferentes idades, o desenvolvimento de várias equações para estimar o volume corporal em faixas etárias. Além disso, a composição química da carcaça dos animais será determinada na tentativa de validar o método de pesagem hidrostática e buscar eventuais correlações entre os parâmetro corporais (volume corporal, peso corporal, índice de lee e densidade) e os componentes de gordura, massa magra, água e proteína dos animais.

Palavras Chave: composição corporal, densidade corporal, pesagem hidrostática, modelo de natação para ratos

LISTA DE ABREVIATURAS

CC: composição corporal

PC: peso corporal

DC: densidade corporal

DA: densidade da água

PH: peso hidrostático

VC: volume corporal

MFEL: Máxima Fase Estável de Lactato

Hz: Hertz

g: gramas

cm: centímetros

cm³: centímetros cúbicos

IMC: índice de massa corporal

IL: índice de Lee

C: comprimento

CE: carcaça eviscerada

PV: peso de vísceras

MM: massa magra

MG: massa gorda

H₂O: água da carcaça

ProM: proteína da massa magra

GVR: gordura visceral retroperitoneal

GVE: gordura visceral epididimal

GVM: gordura visceral mesentérica

GV: gordura visceral total

g/cm³: gramas por centímetros cúbicos

mg/100 mg: miligramas por 100 gramas de tecido

SUMÁRIO

	PÁGINAS
1. INTRODUÇÃO.....	06
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	07
2.1. Composição Corporal.....	07
2.2. Determinação da composição corporal.....	10
2.3. A influência da densidade na natação.....	11
2.4. Justificativa.....	12
3. OBJETIVOS.	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
4.1. Animais.....	14
4.2. Pesagens hidrostáticas.....	14
4.3. Determinação do volume corporal.....	17
4.4. Determinação da densidade corporal.....	17
4.5. Índice de Lee.....	17
4.6. Composição química da carcaça e pesagem da gordura visceral.....	18
4.7. Tratamento estatístico.....	18
5. RESULTADOS.....	19
5.1. Análise da composição corporal.....	19
5.2. Análise de parâmetros somáticos.....	27
6. DISCUSSÃO.....	57
7. CONCLUSÃO.....	61
8. REFERÊNCIAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

Podemos encontrar na literatura vários protocolos na área da fisiologia do exercício padronizados para determinação de variáveis orgânicas em humanos, contudo muitos estudos são limitados por questões éticas. Desse modo, é cada vez maior a incidência de estudos envolvendo modelos animais, devido principalmente à possibilidade de intervenções e análises mais invasivas.

Pesquisas sobre as influências do treinamento físico nas respostas fisiológicas ainda são muito restritas em humanos uma vez que a aplicabilidade do treinamento ainda sofre muita interferência de fatores genéticos, ambientais e nutricionais. Muitas vezes, esses fatores acabam influenciando os resultados, tornando-os inconclusivos. Os modelos animais de treinamento possibilitam a redução da interferência tanto de fatores intrínsecos, através do uso de animais da mesma linhagem e com características genéticas semelhantes, quanto extrínsecos, impondo as mesmas condições ambientais e alimentares. Para o sucesso da fisiologia do esforço em modelos animais, os protocolos e ergômetros utilizados devem ser os mais precisos possíveis em simular condições de estresse físico os quais o estudo se propõe a investigar (PILLIS et al., 1993; GOBATTO et al., 2001; MANCHADO et al., 2005; ARAUJO et al., 2007). Dentre os ergômetros para ratos mais populares, a natação tem sido muito utilizada devido ao baixo custo e garantia de alto desempenho desses animais, que são nadadores inatos. Além disso, estudos em ratos nadadores revelaram a ocorrência de respostas orgânicas semelhantes às encontradas em humanos (Gobatto et al., 2001; Araujo et al., 2007).

Em protocolos de natação para ratos observa-se a predominância da propulsão vertical para que os animais possam manter-se na superfície em detrimento a carga atada ao dorso, peito ou cauda, o que permite quantificar diferentes intensidades de esforço. A metodologia mais utilizada na prescrição da sobrecarga é o incremento da carga relativa a uma porcentagem do peso corporal (PC) do animal (Dawson e Horvath, 1970; Harri e Kuusela, 1986; Gobatto et al., 1991 e 2001). Apesar da grande aceitação encontrada na literatura, essa metodologia não leva em consideração a densidade corporal (DC) do animal, podendo causar imprecisão na determinação da intensidade do exercício.

Nesse contexto, ratos com maior quantidade de tecido adiposo são menos densos, facilitando sua flutuação e implicando em uma menor intensidade de esforço

em relação a animais com maior percentual de massa magra. Estudos observaram que animais obesos realizaram menores esforços em relação aos respectivos animais controles para uma mesma intensidade de exercício relativa ao peso corporal (MELLO et al., 2001; GOBATTO et al., 2002; VOLTARELLI et al., 2003; ARAÚJO et al., 2009), provavelmente devido à reduzida densidade corporal dos animais obesos permitindo uma maior flutuação durante exercício da natação.

Assim, a precisa determinação da intensidade de esforço aparece como uma limitação em estudos que fazem uso do modelo de natação para ratos, principalmente em estudos longitudinais nos quais o crescimento, envelhecimento e as intervenções experimentais podem alterar a composição corporal dos animais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Composição corporal

A análise da composição corporal (CC) possibilita determinar isoladamente os principais componentes estruturais que formam o corpo, para assim poder fracionar o peso corporal em seus diferentes componentes, que dentre os mais investigados estão o componente de gordura (massa gorda) e o componente livre de gordura (massa magra).

Para melhor compreender os níveis de organização do corpo e fornecer uma estrutura conceitual que possibilita a realização de diversos estudos no âmbito da composição corporal, WANG, PIERSON & HEYMSFIELD (1992) propuseram um modelo que divide o fracionamento da massa corporal em cinco diferentes níveis:

- **Nível I (atômico)** – A construção fundamental do corpo humano compreende cerca de 50 elementos distribuídos em vários tecidos e órgãos, sendo que mais de 98 % da massa corporal total é determinada pela combinação de oxigênio, carbono, hidrogênio, nitrogênio, cálcio e fósforo.
- **Nível II (molecular)** – Principais elementos são incorporados em diferentes moléculas que formam mais de 100 000 compostos químicos encontrados no corpo humano corpo, divididos em cinco grupos: lipídios, água, proteínas, carboidratos e minerais.
- **Nível III (celular)** – As funções e interações entre as células são fundamentais para o estudo da fisiologia humana na saúde e

na doença. O celular nível é, portanto, uma importante área de pesquisa da composição corporal e portanto divide o corpo em três componentes: células, fluídos extracelulares (incluindo plasma intra e extracelular) e sólidos extracelulares.

- **Nível IV (tecidos, órgãos e sistemas)** – Os três componentes do nível celular, quando organizados formam o sistema nível quatro que compreende as categorias de tecidos apresentadas nesse nível: tecido conectivo, tecido epitelial, tecido muscular e tecido nervoso. É importante ressaltar que o tecido adiposo e ósseo são formas de tecido conectivo.
- **Nível V (corpo todo)** – Neste nível o corpo é analisado segundo suas características morfológicas, com medidas relacionadas ao tamanho, forma e proporções do corpo humano (estatura, comprimento dos segmentos, circunferências, volume, peso e densidade corporal, etc.)

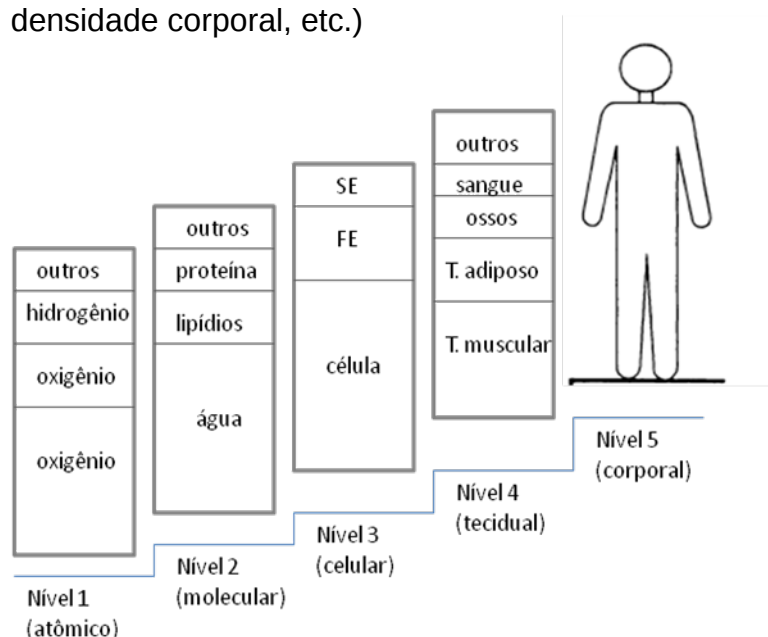


Figura 1: Os cinco níveis da composição corporal, SE: sólidos extracelulares e FE: fluído extracelular. *Adaptado de: WANG, PIERSON & HEYMSFIELD (1992) The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. Am. J. Clin. Nutr.1992:56: 19-28.*

A importância da avaliação da CC deve-se ao fato da massa corporal isoladamente não poder ser considerada um bom parâmetro para a identificação do excesso ou déficit dos componentes corporais (massa gorda, massa muscular, massa óssea e massa residual). A avaliação da CC também possibilita a detecção

de alterações que ocorrem em decorrência de um programa de exercícios físicos ou dieta alimentar, bem como conseqüências de práticas nutricionais, treinos excessivos, doenças e distúrbios como obesidade, sobrepeso e desnutrição e por alterações no crescimento e desenvolvimento (COSTA, 1999).

A CC pode ser influenciada por diversos fatores como a dieta, drogas, patologias, genética, treinamento e idade. São muitos os estudos que induzem mudanças na composição corporal de ratos para assim poder verificar alterações fisiológicas e metabólicas provocadas pelo treinamento físico. Nesse sentido pode-se exemplificar a obesidade que é uma patologia ocasionada por um desequilíbrio metabólico e que promove evidentes alterações na CC. O modelo animal de obesidade é desenvolvido por meio de intervenções dietéticas (EGUCHI et al., 2008) ou através de injeções sistêmicas de glutamato monossódico (MSG) promovendo a obesidade neuro-hipotalâmica (RIBEIRO et al., 1997; MELLO et al., 2001; GOBATTO et al., 2002; VOLTARELLI et al., 2003; BRAGA et al., 2006; ARAUJO et al., 2009). Em ratos obesos exercitados, a CC sofre alterações significativas após períodos de treinamento. Braga et al. (2006) buscaram identificar a resposta do exercício físico durante programas de treinamento contínuo e intermitente em ratos obesos submetidos ao tratamento com MSG. Esses autores verificaram que a atividade física reduziu os teores de gordura da carcaça em ambos os protocolos de treinamento. Contudo, nesse estudo, não houve a preocupação em individualizar a carga ideal de treinamento em ratos obesos.

Em ratos saudáveis, a CC também pode ser influenciada conforme a idade dos animais, bem como o nível de treinamento. Marques et al. (2003) verificaram diminuição da massa magra em ratos com aproximadamente 250 dias, esse efeito foi atribuído à sarcopenia encontrada em ratos idosos. Tonon et al. (2001) avaliaram os efeitos do teor protéico da dieta no crescimento muscular em ratos submetidos ao treinamento anaeróbio e verificaram que a síntese protéica no músculo gastrocnêmio foi aumentada no grupo que recebeu dieta hiperprotéica em comparação ao grupo normoprotéico. No entanto, o treinamento de força realizado isoladamente não promoveu alterações significativas na síntese de proteínas nesses animais. Portanto percebe-se que a CC é facilmente modulada por diversos fatores, dentre os mais destacados, a dieta alimentar, idade e o exercício físico regular.

2.2. Determinação da composição corporal

Os métodos diretos de determinação da CC são os mais precisos e incluem a tomografia computadorizada e ressonância magnética, e necessitam de aparelhos de custo elevado; e ainda a dissecação de cadáveres que implica em muitos problemas de ordem ética e legal para aquisição de cadáveres. Entretanto o uso de modelos animais permite a avaliação direta da CC (FEYDER, 1935; FRISCH et al., 1977; CHEIK et al., 2006; COSTA et al., 2007) por meio da análise da composição química da carcaça (LOWRY et al., 1951; CECCHI, 1999), percentual de gordura corporal em ratos por meio do método de gravidade específica (DAHMS & GLASS, 1982) Dessa forma, esses métodos implicam no sacrifício do animal sendo inviáveis na realização de estudos que necessitam de um acompanhamento longitudinal.

Métodos indiretos para estimativa do percentual de gordura corporal, em animais, incluem o uso de medidas corporais como peso e comprimento (BERNARDIS & PATTERSON, 1968), extrapolação da gordura corporal através de depósitos específicos (GREWAL et al., 1973), quantidade de água corporal (KODAMA, 1971), taxa de lipogênese por meio de água triciada (SENE et al., 2002).

Também existem métodos que são considerados duplamente indiretos os quais por meio de equações de regressão tentam prever variáveis associadas aos procedimentos indiretos para enfim poder estimar parâmetros da composição corporal. Dentre eles podemos citar a impedância bioelétrica, que está baseada no princípio de que a condução elétrica no organismo é facilitada através do tecido hidratado e da água extracelular em comparação com o tecido adiposo (LUKASKI et al., 1986; ROMÁN et al., 1999), e a técnica antropométrica que através das medidas de perímetros, diâmetros e espessuras de dobras cutâneas, tem sido um recurso bastante utilizado para prever, ou estimar o percentual de gordura corporal por meio de equações de regressão (FORSYTH & SINNING, 1973). As vantagens que a técnica antropométrica apresenta em relação a outros métodos, são material simples, o baixo custo financeiro dos equipamentos, rapidez e facilidade na coleta dos dados, aplicabilidade em grandes grupos, boa relação com a densidade corporal e, principalmente por ser um método não invasivo (BEHNKE e WILMORE, 1974; LOHMAN, 1992). No entanto, esses métodos não são muito precisos, especialmente se o percentual de gordura for baixo (DAHMS & GLASS, 1982).

A densitometria é um método indireto para a determinação da CC que é freqüentemente utilizado para validar outros métodos (BUSKIRK, 1961). E está baseada no princípio de Arquimedes onde:

“[...] um corpo imerso em um líquido sofre ação de uma força hidrostática de flutuabilidade, que é evidenciada por uma perda de peso equivalente ao peso do líquido deslocado [...]”.

A densidade ou gravidade específica é uma grandeza física que expressa a razão entre a massa e o volume de determinada matéria quando comparada à outra tida como referência, geralmente a água. Usada como parâmetro biológico, a DC, pode ser utilizada para evidenciar a CC em animais (DAHMS & GLASS, 1982) e humanos (BEHNKE & WILMORE, 1974), uma vez que é inversamente proporcional ao percentual de gordura corporal (KODAMA, 1971) e diretamente proporcional à massa magra. Os métodos encontrados na literatura para mensuração do volume corporal (VC) em humanos e pequenos animais incluem deslocamento de ar (GNAEDINGER, 1962; KODAMA & PACE, 1963; HIX et al., 1964), diluição de hélio (WALSER & STEIN, 1953; SIRI, 1955) e pesagem hidrostática (RATHBUN & PACE, 1945; KODAMA, 1971; STONE et al., 1978; ROGERS & WEBB, 1980; HOHL et al., 2007).

2.3. A influência da densidade na natação

Voltarelli et al. (2003) adaptaram o teste de lactato mínimo proposto inicialmente por Tegtbur et al. (1993) a ratas obesas induzidas por MSG e determinaram a capacidade aeróbia de maneira individualizada na natação. No entanto, esses autores verificaram que para uma mesma intensidade de exercício os animais obesos realizaram menores esforços em relação ao grupo controle. Em estudo semelhante, Araújo et al. (2009) determinaram a máxima fase estável de lactato (MFEL) em ratos controles e obesos de ambos os gêneros e encontraram nos grupos obesos cargas mais altas associadas à MFEL em relação aos respectivos grupos controles. Esses resultados podem ser explicados pela menor DC apresentada pelo grupo obeso permitindo maior flutuação durante o exercício da natação e mostrando a grande influência e a necessidade de se discriminar a densidade corporal na natação, principalmente em ratos obesos. Gobatto et al. (2002) verificaram em ratos sedentários e treinados, induzidos à obesidade

hipotalâmica (MSG) que a intensidade de esforço relativa a 5% do PC não foram equivalentes aos respectivos grupos controles. Esses autores verificaram menores valores lactacidêmicos durante o teste de 30 minutos nos ratos obesos. Situação semelhante pôde ser observada em um estudo de Mello et al. (2001) que verificaram menores valores lactacidêmicos em ratos obesos controles em relação ao respectivo grupo sedentário, tendo como uma das hipóteses sua maior habilidade de flutuação devido à elevada quantidade de tecido adiposo visceral. Logo, a determinação da intensidade de esforço relativo à porcentagem do PC aparece como uma limitação em estudos de natação experimental, principalmente quando o estudo envolve animais obesos. Portanto, a gordura corporal exerce influência na flutuabilidade dos animais e, conseqüentemente, na intensidade de exercício na natação. Com isso são necessários estudos que discriminem as diferenças existentes na real sobrecarga de trabalho realizada, levando em consideração também a força que o animal exerce para manter-se flutuando.

2.4. Justificativa

Este estudo justifica-se pela necessidade de utilizar a fisiologia básica para investigar experimentalmente questões relacionadas à atividade física e seus efeitos sob a CC. Devido a uma bolsa de iniciação científica concedida pela FAPESP (Processo: 06/61189-0) o laboratório iniciou uma linha de investigação com o intuito de padronizar um método para a determinação do VC de ratos *Wistar* através de pesagens hidrostáticas e verificar a influência da DC no modelo de natação para ratos. Assim sendo, os animais tiveram suas densidades determinadas de forma individual e foram avaliados no teste de MFEL, adaptado para ratos por Gobatto et al. (2001), e os resultados, que estão sendo preparados para publicação, indicaram que ratos *Wistar*, normais, sedentários existiu uma perfeita associação ($r=1,00$) entre o PC e o VC. Além disso, o experimento foi extremamente válido uma vez que permitiu o desenvolvimento de um sistema de pesagem hidrostática para ratos e a aplicação de uma metodologia de prescrição da sobrecarga para o modelo de natação que discrimina a densidade do animal.

3 OBJETIVOS

O principal objetivo do presente estudo é desenvolver equações que estimam alguns parâmetros somáticos (volume corporal, densidade corporal, peso hidrostático) de ratos *Wistar* saudáveis e sedentários por meio do acompanhamento longitudinal (60 aos 240 dias) os objetivos específicos foram realizar procedimentos para mensuração da composição química da carcaça e pesagem da gordura visceral dos animais na tentativa de validar o método e verificar correlações entre os parâmetros somáticos e criar padrões referenciais para os parâmetros de composição corporal, dentre eles, curvas de crescimento em função da idade dos animais.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Animais

Cento e cinco *Rattus norvegicus albinus* da linhagem Wistar, machos, com 60 dias de idade no início do experimento, provenientes do Biotério Central da Universidade Estadual Paulista (UNESP) campus de Botucatu. Durante todo o experimento, os animais foram mantidos em gaiolas coletivas de polietileno, em biotério fechado, a temperatura ambiente de 24 °C não excedendo 5 ratos por gaiola, em ciclo de luz claro/escuro de 12/12 horas. Todos os animais receberam ração comercial (Labina-Purina®) e água *ad libitum*.

4.2. Pesagens Hidrostáticas

Foram realizadas sete avaliações, que consistem na realização da pesagem hidrostática e na eutanásia de 15 animais para a coleta de variáveis bioquímicas (sangue e tecidual). Além disso, foram realizadas as análises da composição química da carcaça. O tempo entre cada avaliação correspondeu a 30 dias. A figura 2 apresenta o desenho experimental da realização de avaliações.



Figura 2. Desenho experimental.

Foi utilizado um sistema de aquisição de sinais, que permitiu a captura das pesagens numa frequência de 1000 Hz e foi composto de célula de carga (MK controle e instrumentação®, modelo: MKPW-2), um amplificador para o sinal, módulo de acondicionamento do sinal (National Instruments® USB 6008) e software de aquisição (Labview Signal Express® 2.0). Além disso, também foi utilizado um aquário de vidro (40x40x50 cm) e um sistema de suporte regulável do animal, que permite que apenas o focinho fique fora d'água durante a pesagem hidrostática.

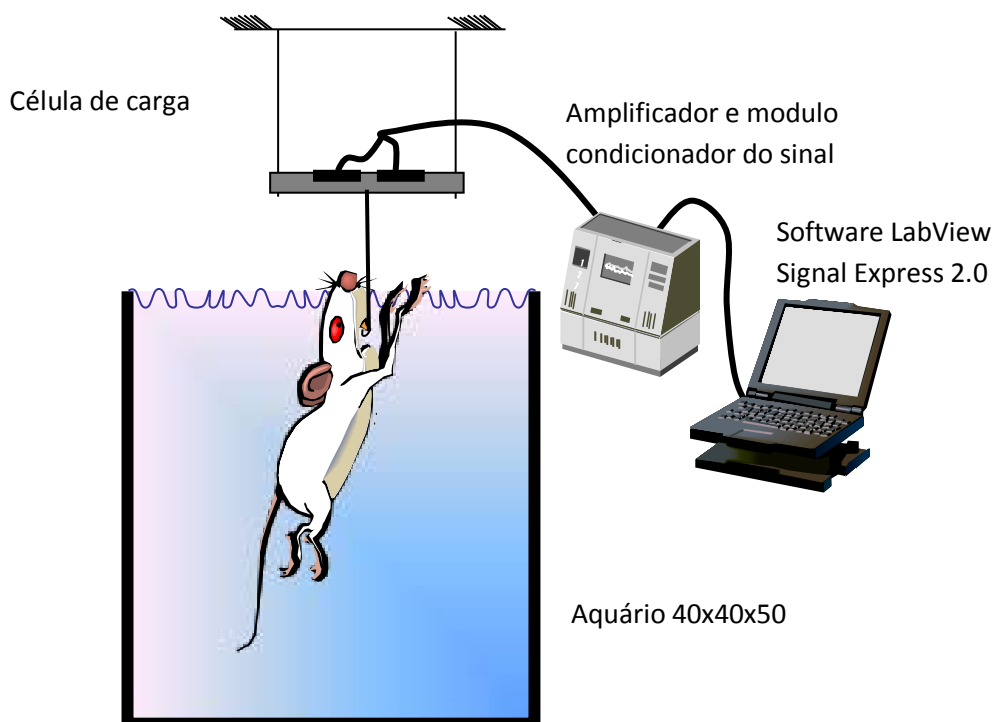


Figura 3. Desenho representando o sistema desenvolvido para a realização da pesagem hidrostática, o qual é composto por uma célula de carga responsável capturar sinais de força, amplificador e módulo de acondicionamento de sinal e software de aquisição de sinais.

Os ratos foram sedados por meio da inalação de éter etílico com intuito de diminuir o estresse do animal e principalmente evitar sua movimentação durante a determinação do peso hidrostático (PH). Antes da pesagem hidrostática os animais tiveram seus corpos encharcados e agitados em água para retirada das bolhas de ar presas ao pelo e em seguida foram pendurados pelos dentes superiores por meio do suporte conectado a célula de carga (figura 4).

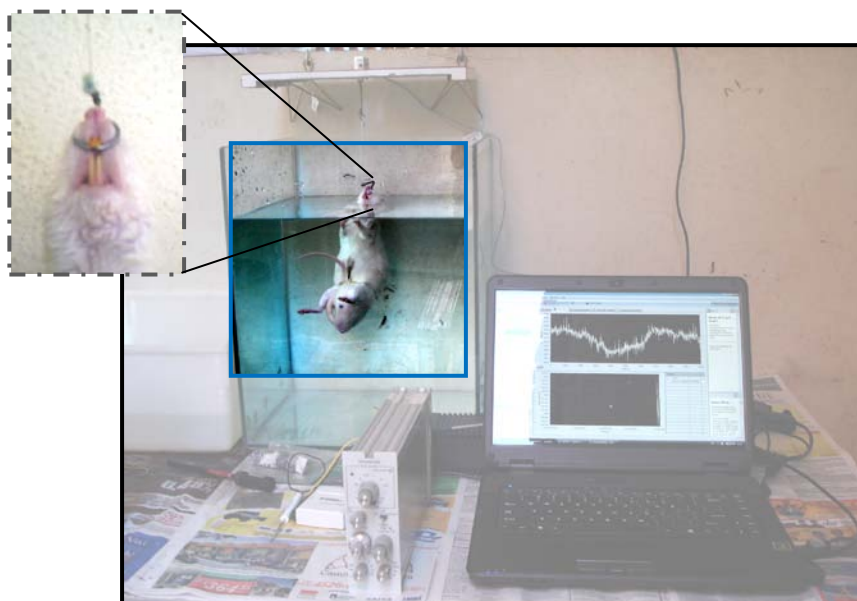


Figura 4. Aparato para pesagem hidrostática e sistema de suporte regulável do animal.

Para cada animal, foram capturados 30 segundos de valores de pesagem a uma frequência de 1000 Hz e filtrado a depressão mínima do sinal dentro de cada segundo (1000 pontos), que corresponde ao momento no qual o animal realizara a expiração e possuía menor resíduo de ar nos pulmões (figura 5). O PH de cada rato foi calculado pela média de 30 depressões mínimas.

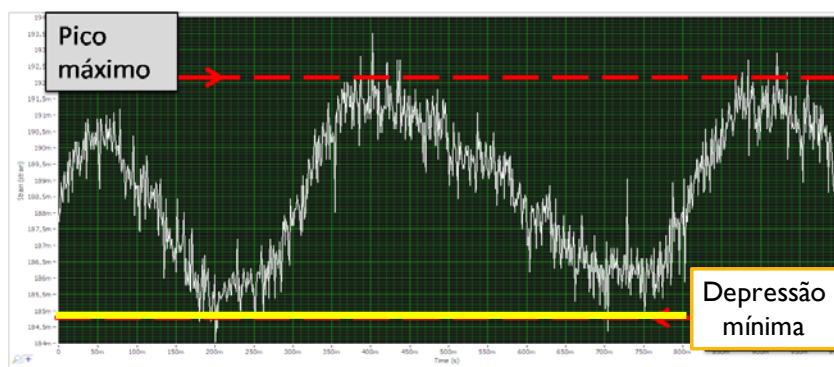


Figura 5. Cinética do sinal durante a pesagem hidrostática, capturada diretamente da interface gráfica do software.

A calibração do sistema de aquisição de sinais foi feita com 10 cargas de chumbo de peso (g) conhecido (figura 6). Depois de armazenados, os valores de sinal obtidos (strain) foram convertidos em unidades de força (g) por meio da aplicação da equação de calibração derivada da regressão linear entre os valores do sinal (strain) e peso (g).

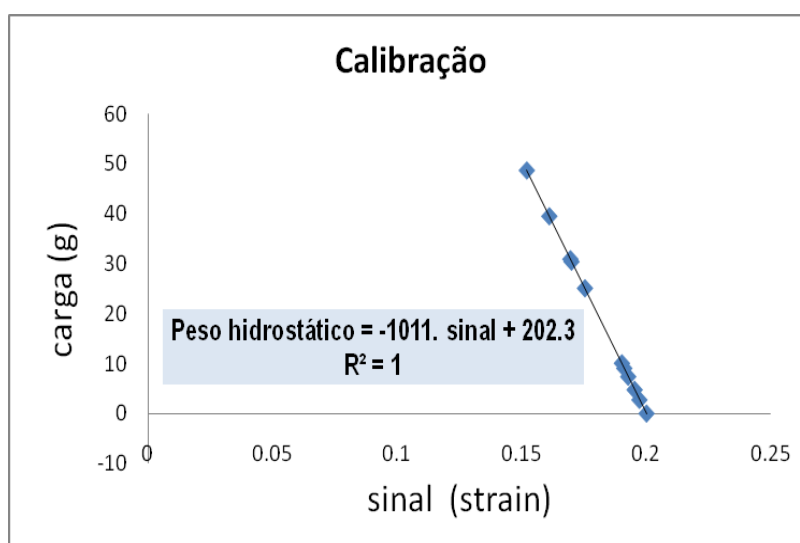


Figura 6. Calibração do sistema de aquisição de sinais

4.3. Determinação do volume corporal

O VC dos ratos foi determinado através de uma equação proposta por Behnke (1974), para humanos, adaptada ao modelo animal (equação 1). Nela, o VC é igual à diferença entre o PC e o PH, dividido pela densidade da água (DA) (0.99225) (equação 1).

$$VC=(PC-PH)/DA \quad (1)$$

4.4. Determinação da densidade corporal

A DC dos animais foi determinada através da razão entre as variáveis, PC e o VC que foi determinado através da pesagem hidrostática (equação 2).

$$DC=PC/VC \quad (2)$$

Sabe-se que a densidade da água é influenciada por diversos fatores, dentre eles, a temperatura ou impurezas, nesse sentido no presente estudo para realização da pesagem hidrostática houve uma padronização da temperatura da água, sendo mantida, portanto em $31\pm 1^{\circ}\text{C}$, pelo fato de muitos pesquisadores que utilizam o modelo de natação para ratos realizarem seus estudos nessa faixa de temperatura (Voltarelli et al. 2002; Gobatto et al. 2001; Araujo et al. 2007; Harri e Kuusela, 1986).

Além disso, o estudo possibilitou uma maior precisão na determinação da densidade corporal, pois a partir do sinal capturado na pesagem hidrostática pode-se detectar o volume pulmonar corrente e assim verificar o momento em que o animal realizou a expiração e possuiu menor resíduo de ar nos pulmões.

4.5. Índice de Lee

O índice de Lee (BERNARDIS & PETTERSON, 1968) foi calculado para todos os animais pela razão entre a raiz cúbica do PC em gramas, dividido pelo comprimento focinho-ânus em centímetros (figura 7). Esse índice, proposto para animais experimentais, é equivalente ao índice de massa corporal (IMC) obtido em humanos (BERNARDIS & PETTERSON, 1968).

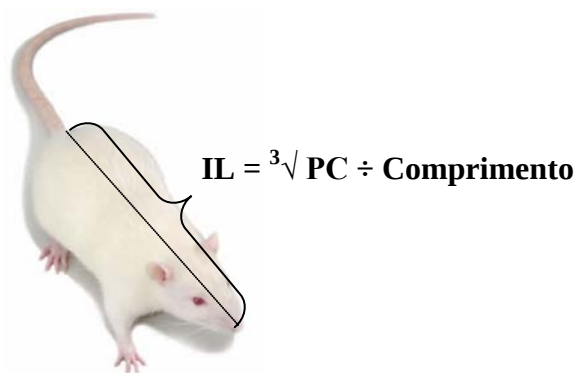


Figura 7. Índice de Lee.

4.6. Composição química da carcaça e pesagem da gordura visceral

Após sacrifício dos animais, as carcaças foram evisceradas pesadas e desidratadas até peso constante em estufa a 100 °C, sendo homogeneizadas em liquidificador com benzeno sofrendo várias lavagens com esse solvente para a remoção da gordura. A carcaça livre de gordura foi até peso constante em estufa a 100 °C. O pó seco e desengordurado foi pesado para determinação do peso livre de gordura. O conteúdo de gordura e de H₂O foi calculado por diferença de peso (CECCHI, 1999). Uma alíquota de 10 gramas do pó desengordurado foi dissolvida em HClO₄ 1N e o teor de proteína da carcaça pelo método folin-fenol sendo posteriormente lida em espectrofotômetro a 650 nm (LOWRY et al., 1951). As gorduras viscerais da região: mesentérica, retroperitonal e epididimal foram pesadas para análise e quantificação do aumento da gordura em decorrência da idade.

4.7. Tratamento estatístico

Foi utilizado o software Statistica 7.0® (StatSoft) para tratamento estatístico e os dados estão apresentados em média ± desvio padrão. Todos os dados apresentaram distribuição normal segundo o teste de Shapiro-Wilks. Foi utilizado o teste t de *student* para amostras dependentes para validar e verificar as diferença entre pesos hidrostáticos, volumes e densidades corporais, reais e estimados (p<0,05). Para verificar a variância entre as variáveis estatísticas de diferentes idades (60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias) foi utilizado o teste ANOVA One-Way e quando necessário o Post-hoc de Scheffé. Para verificar a associação entre todos os parâmetros foi utilizado o teste de correlação de Pearson. Em todas as análises foi adotado nível de significância de p<0,05.

5 RESULTADOS

5.1. Análise da composição corporal

Os valores em média e desvio padrão expressos na unidade gramas (g) dos parâmetros corporais das seguintes variáveis: PC, carcaça eviscerada (CE) e peso de vísceras (PV) e razão vísceras/carcaça estão apresentados na tabela 1, com uma amostra de 15 animais para cada idade.

Tabela 1: Valores médios e desvio padrão dos parâmetros corporais em gramas (g) de peso corporal, carcaça eviscerada, peso de vísceras e razão vísceras/carcaça.

	PC (g)	CE (g)	PV (g)	Razão vísceras/car caça
60 dias	266.2±29.4	208.6±21.6	52.4±10.3	0.28±0.04
90 dias	370.2±33.6 [#]	289.9±26.2 [#]	69.4±7.3 [#]	0.24±0.02
120 dias	394.5±34.3 [#]	321.4±24.0 [#]	67.0±11.9 [#]	0.21±0.04 [#]
150 dias	447.9±43.7 ^{#*}	359.4±30.8 ^{#*}	73.2±7.8 [#]	0.20±0.01 [#]
180 dias	492.3±65.0 ^{#**}	393.5±48.5 ^{#**}	80.8±11.3 ^{#*}	0.21±0.02 [#]
210 dias	490.6±49.1 ^{#**}	387.7±38.6 ^{#**}	83.2±8.6 ^{#**}	0.22±0.02 [#]
240 dias	513.0±49.0 ^{#**}	405.1±44.9 ^{#**}	82.7 ± 11.1 ^{#*}	0.20±0.04 [#]

Diferença estatística significativa para: [#] 60 dias, ^{*} 90 dias, ^{*}120 dias, ^{*}150 dias (p<0,05).

Os valores absolutos de peso corporal, peso das vísceras e carcaça eviscerada, apresentados na tabela 1 revelam os aumentos significativos desses parâmetros em decorrência do aumento da idade, todavia após 180 dias de idade o peso das vísceras e a carcaça eviscerada alcançaram uma estabilização, quando relativizados em relação ao peso corporal, somente a carcaça eviscerada foi uma variável constante ao longo da idade, por outro lado, a razão (vísceras /carcaça) apresentou uma diminuição significativa a partir dos 120 dias comparado à idade de 60 dias, assim como os valores percentuais do peso de vísceras, indicando dessa forma, que houve um menor crescimento das vísceras em relação ao crescimento da carcaça eviscerada ao longo do desenvolvimento do animal.

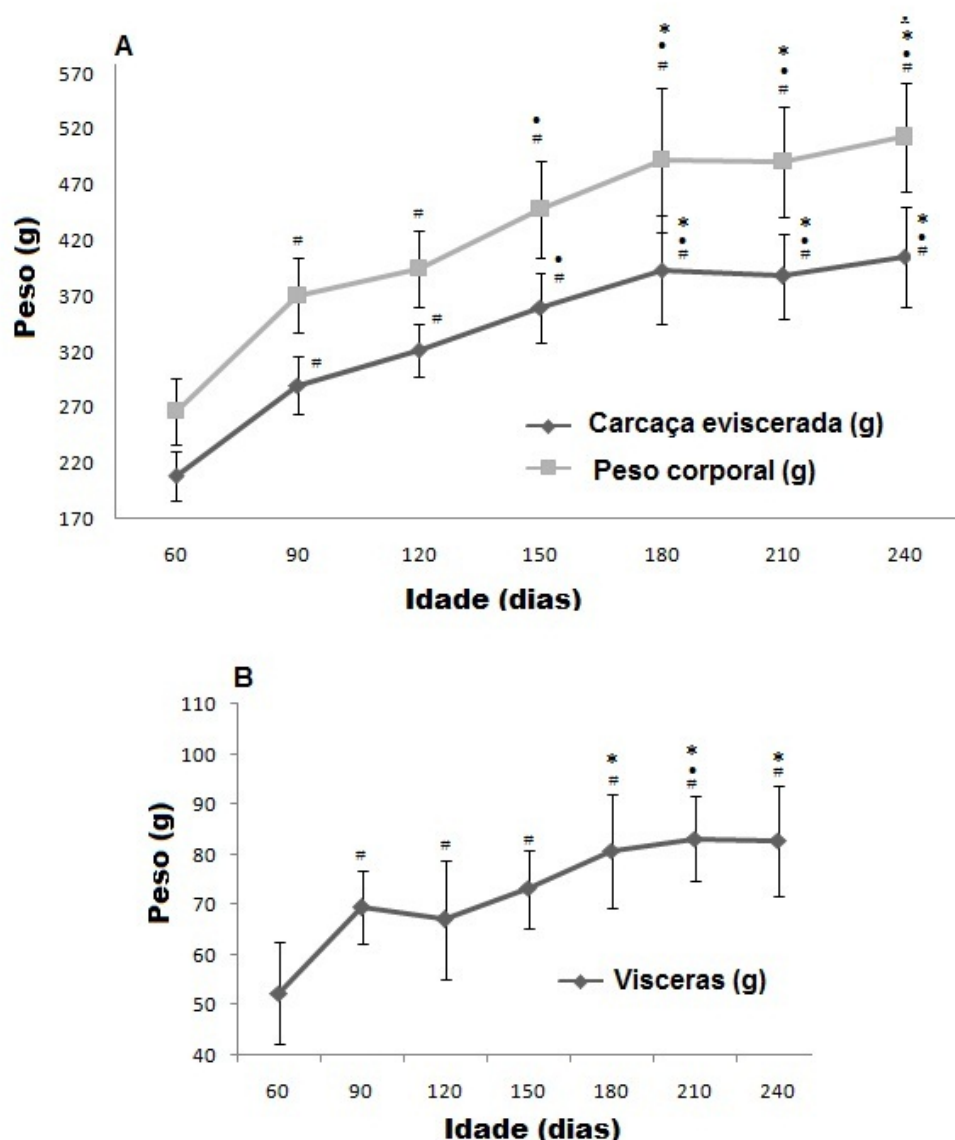


Figura 8: Gráfico representando em média e desvio padrão o crescimento do animal em função do aumento da idade do animal **(A)** Carcaça eviscerada e peso corporal (g) **(B)** peso de vísceras (g). Diferença estatística significativa para: # 60 dias, * 90 dias, *120 dias, *150 dias ($p < 0,05$).

Tabela 2: Valores em média e desvio padrão do peso das vísceras, carcaça eviscerada e gordura visceral total, relativos ao peso corporal.

	PV (%)	CV (%)	GVT (%)
60 dias	19.6 ± 2.5	78.5±2.5	1.9±0.4
90 dias	18.8 ± 1.2	78.3±1.3	2.9±0.7
120 dias	16.8 ± 2.6 [#]	81.8±6.7	3.2±0.7
150 dias	16.3 ± 0.8 [#]	80.3±1.7	3.3±1.4
180 dias	16.4 ± 1.3 [#]	80.0±1.5	3.5±1.3 [#]
210 dias	17.0 ± 1.4 [#]	79.0±1.4	3.9±1.7 [#]
240 dias	16.3 ± 2.6 [#]	79.0±4.8	3.6±1.4 [#]

Diferença estatística significativa para: [#] 60 dias $p < 0,05$.

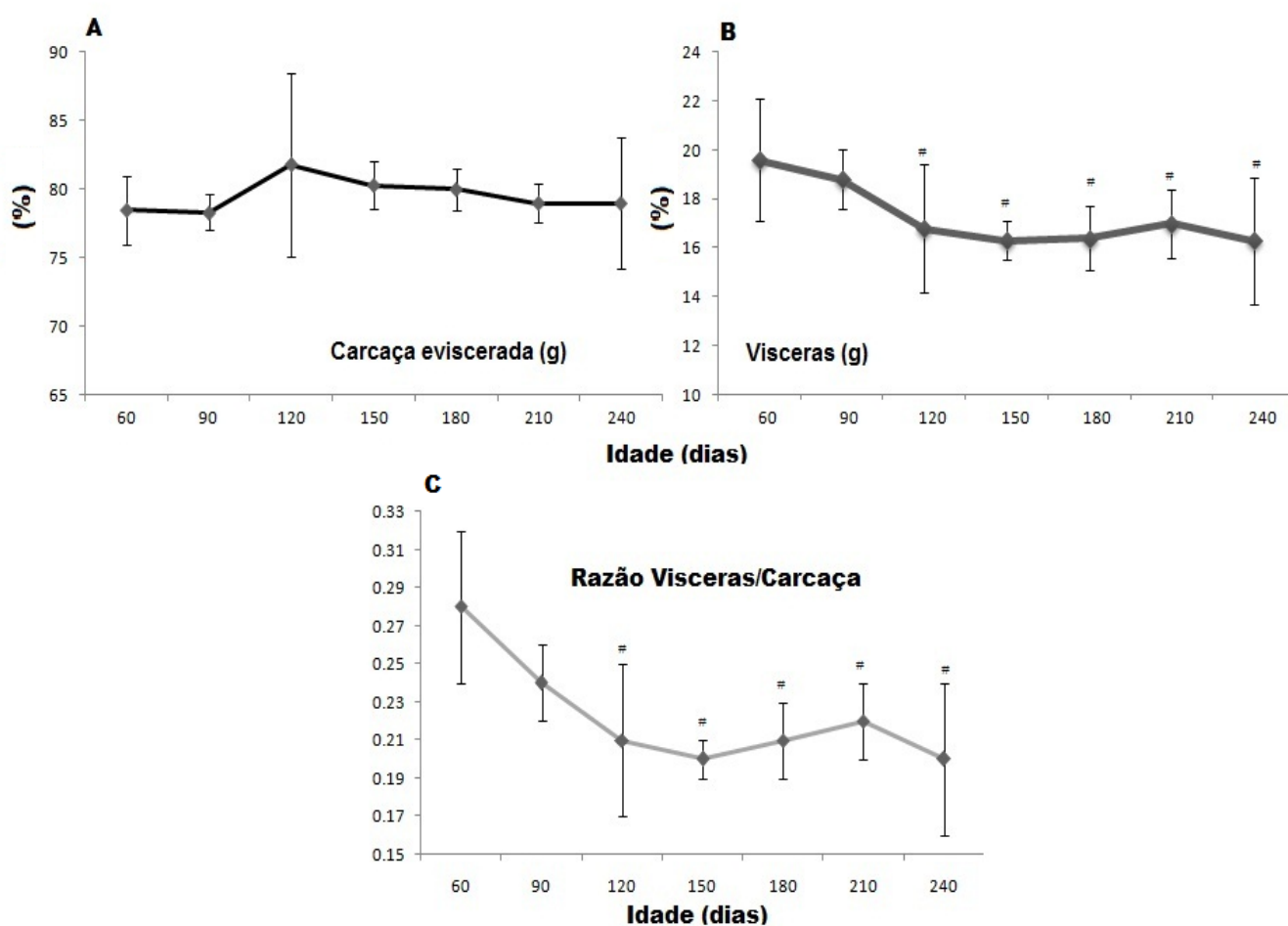


Figura 9: Gráfico representando o crescimento do animal à em função do aumento da idade do animal: **(A)** Carcaça eviscerada e peso corporal **(B)** Peso de vísceras. **(C)** Razão vísceras/carcaça. Diferença estatística significativa para: [#] 60 dias, ($p < 0,05$).

A figura 10 representa um gráfico para melhor compreensão da proporção percentual dos componentes corporais do animal, dessa forma, nas idades analisadas os animais contém em torno de 20 % de conteúdo de vísceras, 2% de gordura visceral e 78% de carcaça eviscerada.

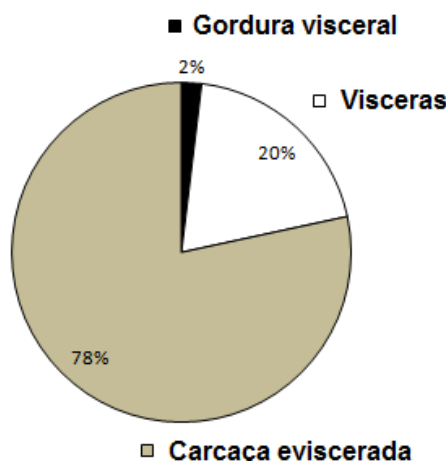


Figura 10: Gráfico exemplificando a proporção média de alguns componentes da composição corporal (Gordura visceral, carcaça eviscerada e peso de vísceras de animais de 60 dias de idade).

Os parâmetros da composição química da carcaça apresentados na tabela 3 correspondem às seguintes variáveis: água da carcaça (H_2O), massa gorda (MG) e massa magra (MM) e proteína da massa magra (ProM), com uma amostra de 15 animais para cada idade.

Tabela 3: Valores em média e desvio padrão dos parâmetros da composição química da carcaça em gramas (g)

	H_2O (g)	MG (g)	MM (g)	ProM (g/100g tecido)
60 dias	139.3±14.5	18.1 ± 4.8	51.3 ± 5.7	23.4 ± 6.4
90 dias	185.2±16.8 [#]	32.9 ± 6.7	71.8 ± 6.4 [#]	29.3 ± 7.7
120 dias	204.8±17.6 [#]	34.7 ± 5.0 [#]	81.9 ± 5.2 ^{#•}	19.0 ± 3.3 [•]
150 dias	228.5±16.5 ^{#•}	50.3 ±15.5 ^{#•}	80.7± 4.7 ^{#•}	18.5 ± 2.4 [•]
180 dias	250.1±28.0 ^{#•*}	56.5±17.2 ^{#•*}	86.9±7.6 ^{#•}	17.7 ± 4.8 [•]
210 dias	243.6±26.1 ^{#•*}	60.6±13.7 ^{#•*}	83.6±8.7 ^{#•}	19.4 ± 3.7 [•]
240 dias	255.8±28.9 ^{#•*}	57.5± 16.2 ^{#•*}	91.9±7.8 ^{#•*•}	16.8 ± 3.9 [•]

Diferença estatística significativa para: [#] 60 dias, [•] 90 dias, ^{*}120 dias, ^{*•}150 dias ($p < 0,05$).

A tabela 4 apresenta os valores relativos à carcaça eviscerada das seguintes variáveis: água da carcaça (H₂O), massa gorda (MG), massa magra (MM) e proteína da massa magra (ProM) para cada faixa etária analisada (n=15).

Tabela 4. Valores percentuais em média e desvio padrão dos parâmetros da composição química da carcaça.

	H₂O (%)	MG (%)	MM (%)	ProM (%)
60 dias	66.8 ± 1.3	8.6 ± 2.1	24.6 ± 1.1	23.4 ± 6.4
90 dias	63.9 ± 1.5 [#]	11.3 ± 2.0	24.8 ± 0.7	29.3 ± 7.7
120 dias	63.7 ± 1.5 [#]	10.8 ± 1.4	25.5 ± 0.7	19.0 ± 3.3 [*]
150 dias	63.7 ± 2.5 [#]	13.8 ± 3.3 [#]	22.5 ± 1.2 ^{#*}	18.5 ± 2.4 [*]
180 dias	63.7 ± 2.0 [#]	14.2 ± 3.0 [#]	22.2 ± 1.2 ^{#*}	17.7 ± 4.8 [*]
210 dias	62.8 ± 2.2 [#]	15.6 ± 2.9 ^{#*}	21.6 ± 1.1 ^{#*}	19.4 ± 3.7 [*]
240 dias	63.2 ± 2.2 [#]	14.1 ± 3.1 [#]	22.8 ± 1.5 ^{#*}	16.8 ± 3.9 [*]

Diferença estatística significativa para: [#] 60 dias, ^{*} 90 dias, ^{*}120 dias, (p<0,05).

A figura 11 representa um gráfico ilustrativo da proporção percentual dos componentes da composição química da carcaça, em que os animais apresentam aproximadamente 67% de H₂O, 9% de MG, 24 % de MM, 23% de ProtM.

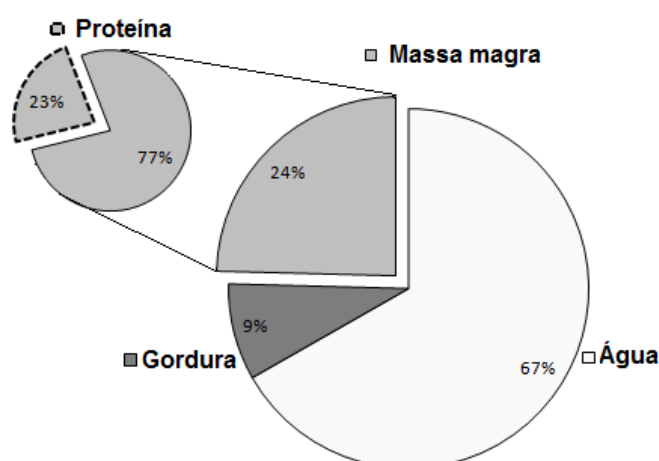


Figura 11: Gráfico exemplificando a proporção percentual da composição química da carcaça (água da carcaça, massa gorda, massa magra e proteína da massa magra) de animais de 60 dias de idade.

Por meio da análise da composição química da carcaça, foi possível verificar aumentos significativos do conteúdo de água na carcaça, atingindo uma estabilização após 180 dias de idade, entretanto quando expresso de forma percentual o conteúdo de água é diminuído com o avanço da idade, se encontrando em um platô em aproximadamente 63 % da água da carcaça. A MG teve aumentos significativos comparados à idade de 60 e 90 e 120 dias, atingindo uma estabilização após 180 dias de idade, porém quando expressa de maneira percentual ela apresentou diferenças significativas após 150 dias comparadas a idade de 60 dias, atingindo seu ápice na idade de 210 dias, já a MM apresentou aumentos significativos até 120 dias, posteriormente atingiu um platô, seguido de um novo aumento aos 240 dias de idade, entretanto quando relativizado em relação à carcaça eviscerada, a massa magra apresentou uma redução significativa após 150 dias de idade, por outro lado, a proteína da carcaça demonstrou ser estável em todas as idades, exceto em 90 dias, que apresentou valores mais altos em comparação com as demais idades (figura 12).

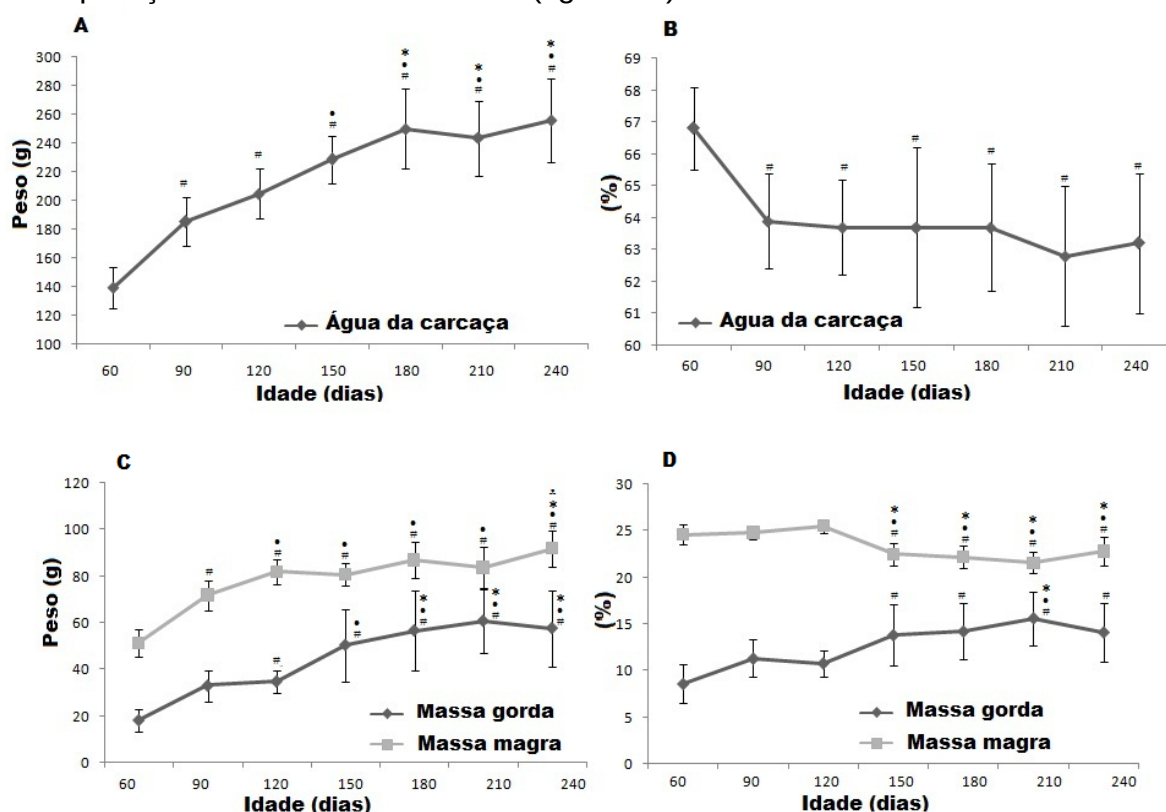


Figura 12: Análise da composição química da carcaça de animais ao longo do tempo: gráficos em média e desvio padrão dos valores absolutos (g) e valores percentuais (%) da quantidade de água da carcaça (A) e (B) respectivamente; e valores absolutos (g) e valores percentuais (%) da massa gorda e massa magra (C) e (D) respectivamente. Diferença estatística significativa para: # 60 dias, * 90 dias, *120 dias, *150 dias ($p < 0,05$).

A tabela 5 apresenta os valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%) da quantidade de gordura visceral retroperitoneal (GVR), gordura visceral epididimal (GVE), gordura visceral mesentérica (GVM) e gordura visceral total (GVT)

Tabela 5. Valores absolutos (g) e percentuais em relação ao peso corporal (%) de gordura visceral de diferentes regiões (retroperitoneal, epididimal, mesentérica), de 15 ratos eutanasiados para cada idade.

	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias	180 dias	210 dias	240 dias
GVR (g)	1.9±0.6	4.6±1.6	5.8±1.4	7.0±3.5 [#]	7.4±3.8 [#]	8.8±4.7 ^{#•}	8.3±3.8 [#]
GVR (%)	0.7±0.2	1.2±0.4	1.5±0.4	1.5±0.6 [#]	1.4±0.6	1.8±0.8 [#]	1.6±0.6 [#]
GVE (g)	1.9±0.5	4.1±1.3	4.5±1.3	5.7±3.0 [#]	7.0±3.5 [#]	7.5±3.9 [#]	6.9±3.1 [#]
GVE (%)	0.7±0.2	1.1±0.3	1.1±0.4	1.2±0.5	1.4±0.6 [#]	1.5±0.7 [#]	1.3±0.6
GVM (g)	1.2±0.5	2.3±0.6	2.3±0.5	2.7±1.5	3.6±1.8 [#]	3.4±1.4 [#]	3.8±1.5 [#]
GVM (%)	0.4±0.1	0.6±0.1	0.6±0.1	0.6±0.3	0.7±0.2	0.7±0.2	0.7±0.2 [#]
GVT (g)	5.1±1.4	10.9±3.1	12.5±2.4	15.4±7.5 [#]	18.0±8.6 [#]	19.6±9.7 ^{#•}	19.0±8.1 [#]
GVT (%)	1.9±0.4	2.9±0.7	3.2±0.7	3.3±1.4	3.5±1.3 [#]	3.9±1.7 [#]	3.6±1.4 [#]

Diferença estatística significativa para: [#] 60 dias, [•] 90 dias, (p<0,05).

A partir da figura que mostra os valores absolutos de gordura visceral total é possível observar um aumento dessa variável em função da idade dos animais, sendo que a partir da idade de 150 dias os valores absolutos foram significativamente maiores que a idade de 60 dias, porém quando relativizados ao peso corporal, observa-se aumentos significativos a partir da idade de 180 dias em comparação à idade de 60 dias.

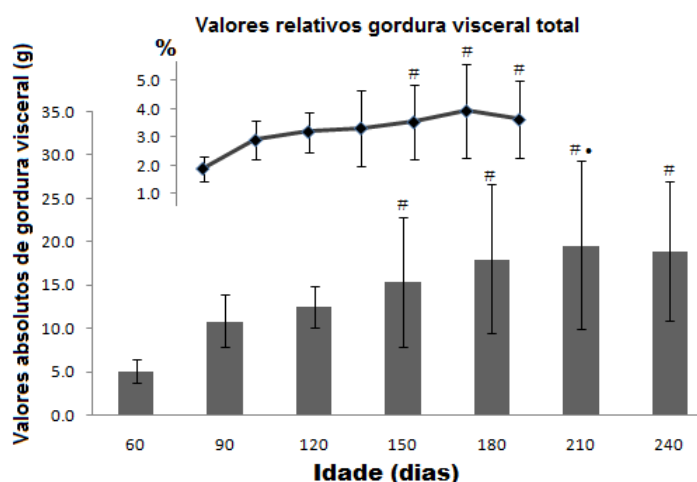


Figura 13: Valores absolutos (g) e relativos (%) ao peso corporal, referentes a quantidade de gordura visceral total em função do aumento da idade do animal. Diferença estatística significativa para: # 60 dias, • 90 dias, ($p < 0,05$).

É possível verificar a partir da figura 14 que apresenta graficamente os valores absolutos e relativos de gordura visceral (g) de diferentes regiões (retroperitoneal epididimal e mesentérica) em relação à idade dos animais, que a partir dos 150 dias de idade as quantidades de gordura retroperitoneal e epididimal aumentaram de forma significativa comparada a idade de 60 dias, por outro lado a quantidade de gordura mesentérica somente foi significativamente maior a partir de 180 dias de idade comparado aos animais de 60 dias.

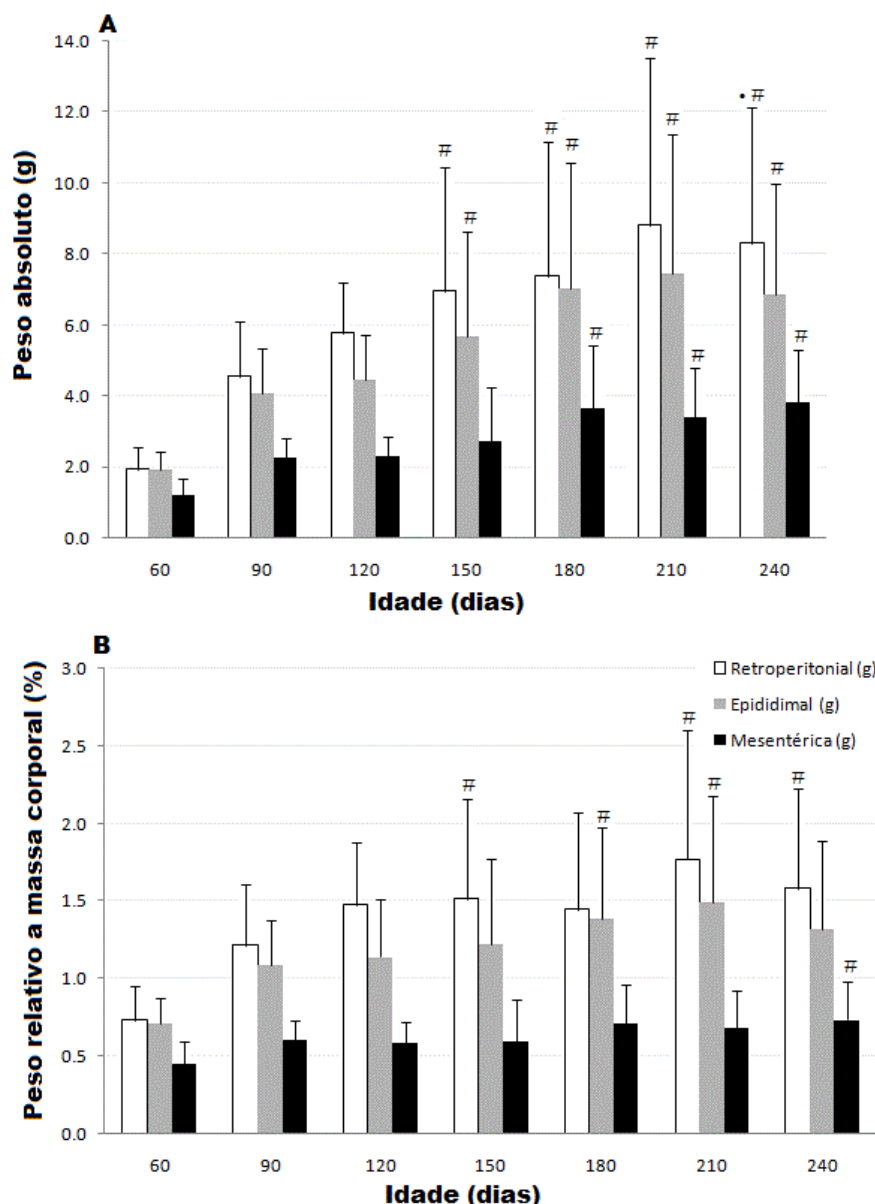


Figura 14: (A) gráfico representando os valores absolutos (gramas). (B) gráfico representando os valores relativos (%) a massa corporal do tecido adiposo visceral dos animais em diferentes idades em decorrência do aumento da idade.

5.2. Análise de parâmetros somáticos

As alterações no decorrer do aumento da idade dos animais podem ser verificadas a partir das análises dos parâmetros somáticos das seguintes variáveis: peso corporal, peso hidrostático, volume corporal e densidade corporal (tabela 6). Pode-se verificar que o peso corporal, assim como o volume corporal, aumentou em função da idade na mesma proporção, tais parâmetros apresentaram uma estabilização a partir de 180 dias de idade, entretanto essa estabilização pode não

ser permanente, uma vez que o estudo não verificou esses parâmetros após a idade de 240 dias. O peso hidrostático também apresentou aumentos significativos comparados à idade de 60 e 90 dias. Em contrapartida a densidade dos animais apresentou aumentos significativos na faixa etária de 90 e 120 dias, entretanto após 150 dias de idade, esse parâmetro apresentou uma diminuição, caracterizando valores não diferentes da idade inicial e conseqüentemente uma estabilização desse parâmetro.

Tabela 6. Valores de peso corporal (PC), peso hidrostático (PH), volume corporal (VC) e densidade corporal (DC).

	PC (g)	PH (g)	VC (cm³)	DC (g/cm³)
60 dias (n=88)	275.5±25.0	9.1±3.3	268.5±24.8	1.0260±0.0115
90 dias (n=72)	368.4±28.3 [#]	14.6±4.9 [#]	356.6±27.8 [#]	1.0333±0.0138 [#]
120 dias (n=67)	411.4±39.3 ^{#•}	16.7±4.4 [#]	397.8±39.0 ^{#•}	1.0344±0.0116 [#]
150 dias (n=54)	448.7±47.4 ^{#•*}	16.3±3.7 [#]	435.7±47.7 ^{#•*}	1.0302±0.0094
180 dias (n=50)	482.8±54.4 ^{#•*•}	17.5±5.1 ^{#•}	469.0±53.4 ^{#•*•}	1.0290±0.0100
210 dias (n=42)	501.9±52.6 ^{#•*•}	17.9±4.4 ^{#•}	487.8±51.0 ^{#•*•}	1.0288±0.0081
240 dias (n=23)	515.4±46.0 ^{#•*•}	19.3±4.5 ^{#•}	500.0±44.8 ^{#•*•}	1.0309±0.0086

Diferença estatística significativa para: [#] 60 dias, [•] 90 dias, ^{*}120 dias, [•]150 dias (p<0,05).

A partir da figura 15 apresentada em média e desvio padrão é possível analisar a curva de crescimento do rato no decorrer do tempo, evidenciado pelo aumento contínuo do peso hidrostático, este que demonstrou ser estável em dois momentos, um deles, dentro da faixa etária de 90 à 150 dias e um outro momento na faixa etária 180 à 240 dias.

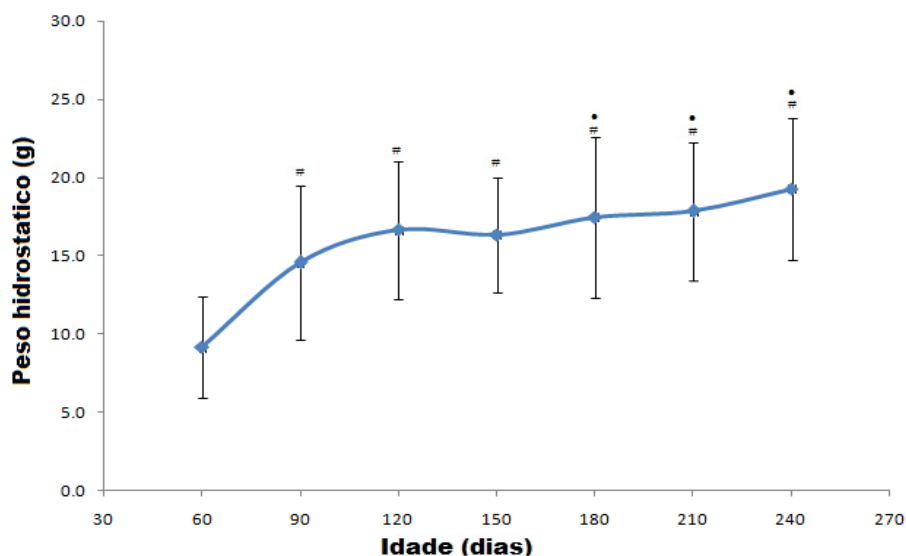


Figura 15: Gráfico representando alteração do peso hidrostático dos animais em decorrência do aumento da idade.

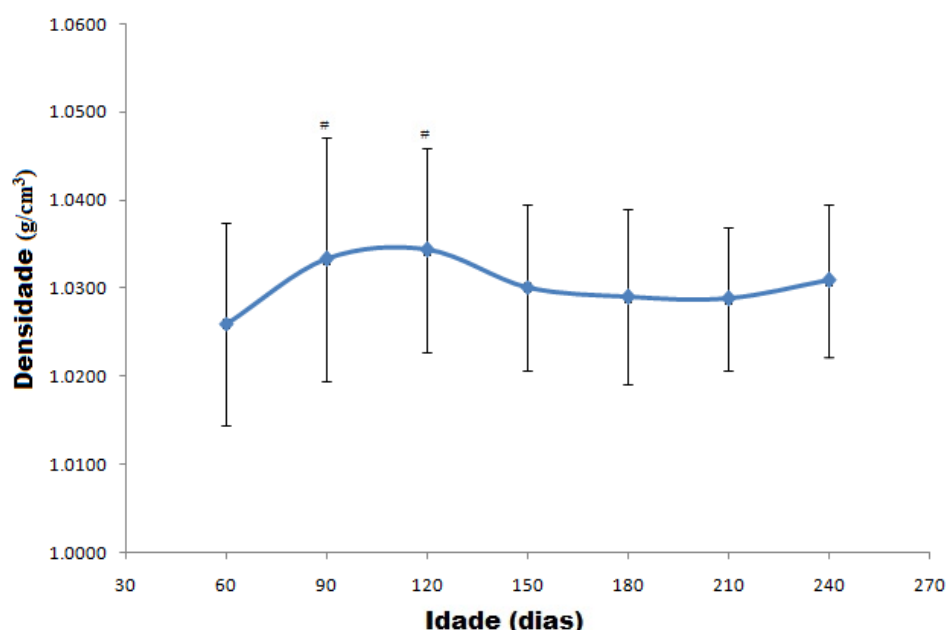


Figura 16: Gráfico representando a alteração da densidade corporal dos animais em decorrência do aumento da idade.

Usada como parâmetro biológico, a densidade corporal, obtida por meio da pesagem hidrostática, mostrou corresponder proporcionalmente ao comportamento da composição da carcaça, uma vez que a densidade é inversamente proporcional ao percentual de gordura corporal e diretamente proporcional à massa magra, pois no mesmo momento em que os animais apresentaram maiores valores de densidade nas idades de 90 e 120 dias, também apresentaram menores valores de

massa gorda e maiores valores de massa magra, em contrapartida após 150 dias de idade, quando a densidade teve uma diminuição maior foram os valores de massa gorda e os menores valores de massa magra.

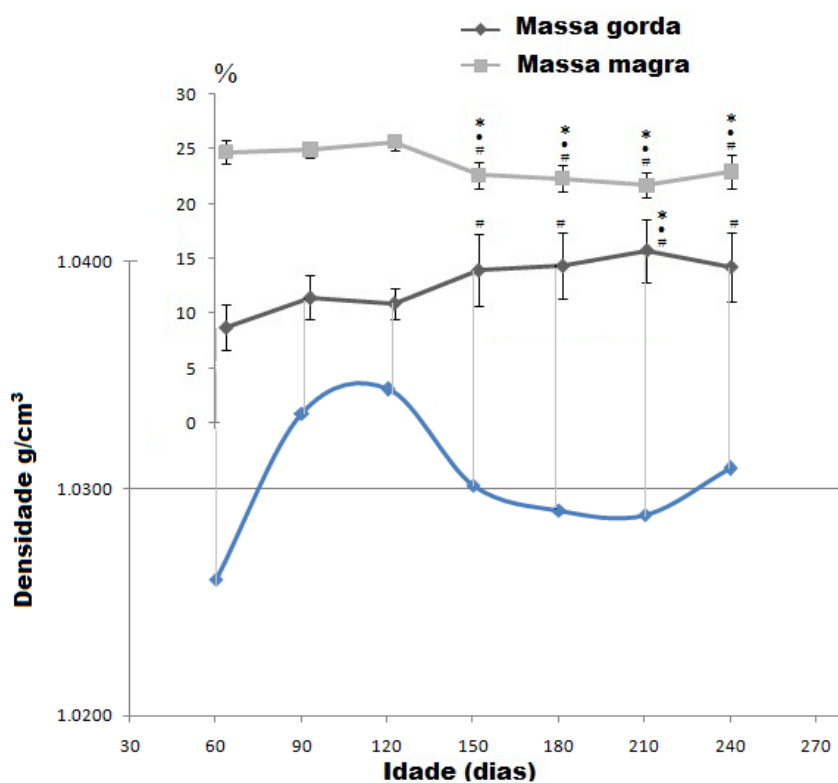


Figura 16: Gráfico representando o comportamento simultâneo da densidade corporal e massa magra e massa gorda dos animais em decorrência do aumento da idade.

A partir da figura 17 apresentada em média e desvio padrão é possível analisar a curva de crescimento do rato no decorrer do tempo, evidenciado pelo aumento do peso(g) e do volume (cm^3).

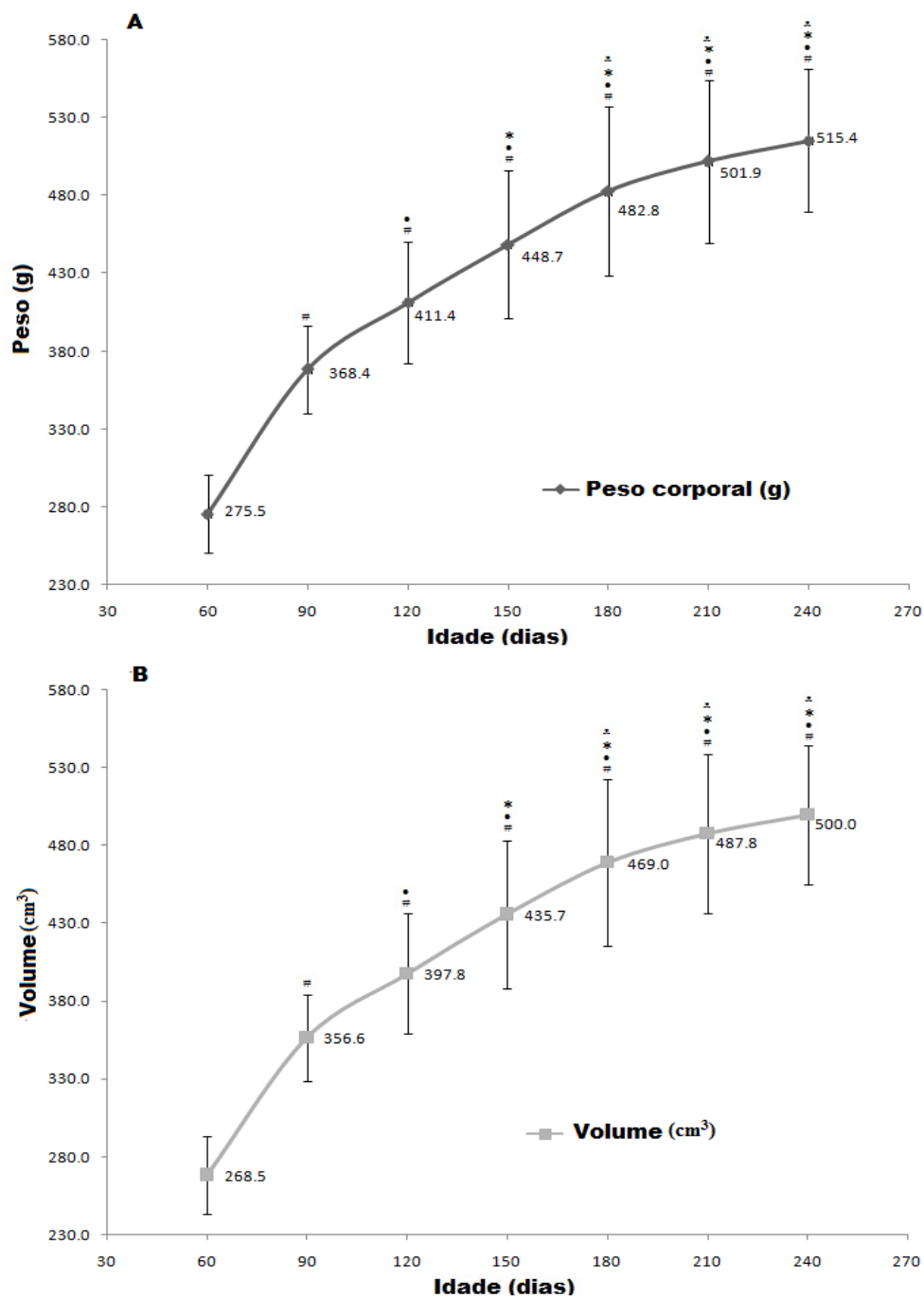


Figura 17: (A) Evolução do peso corporal (g) e (B) volume corporal (cm^3) dos animais em decorrência do aumento da idade.

O comprimento focinho-ânus demonstrou ter um aumento constante, atingindo seu ápice aos 240 dias de idade, enquanto o índice de Lee apresentou seus maiores valores em animais de 180 e 210 dias de idade

Tabela 7. Valores em média e desvio padrão de índice de Lee (IL), Comprimento focinho-ânus (C)

	IL ($g^{0.33}/cm$)	C (cm)
60 dias	0.326±0.009	19.9±0.6
90 dias	0.327±0.009	21.9±0.7 [#]
120 dias	0.322±0.008	23.1±0.7 ^{#•}
150 dias	0.326±0.008	23.5±0.7 ^{#•}
180 dias	0.331±0.009 [•]	23.7±0.8 ^{#•*}
210 dias	0.328±0.010 [•]	24.2±0.8 ^{#•*α}
240 dias	0.326±0.010	24.6±0.6 ^{#•*α}

Diferença estatística significativa para: [#] 60 dias, [•] 90 dias, ^{*}120 dias, ^{*}150 dias, ^α 180 dias (p<0,05).

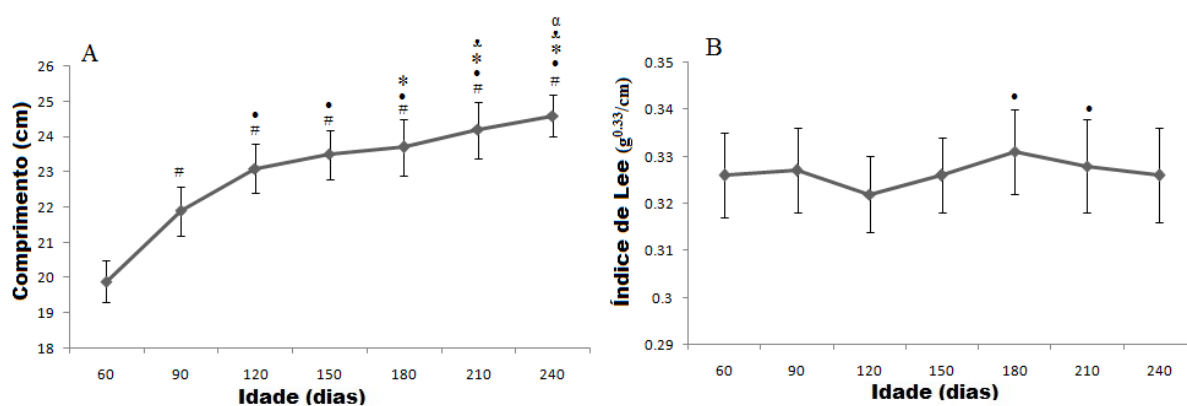


Figura 18: Valores em média e desvio padrão **(A)** Comprimento focinho-ânus, **(B)** índice de Lee.

A tabela 8 apresenta as características dos parâmetros somáticos: peso corporal, peso hidrostático, volume corporal e densidade corporal apenas dos ratos que foram utilizados para a formulação das equações.

Tabela 8. Valores de peso corporal (PC), peso hidrostático (PH), volume corporal (VC) e densidade corporal (DC).

	PC (g)	PH (g)	VC (cm³)	DC (g/cm³)
60 dias (n=73)	276.7±24.0	8.9±3.2	269.9±23.5	1.0253±0.0116
90 dias (n=57)	369.6±29.6	14.6±4.7	357.7±28.8	1.0333±0.0130
120 dias (n=52)	413.7±38.6	16.6±4.4	400.2±38.4	1.0339±0.0115
150 dias (n=39)	448.2±42.6	16.2±3.9	435.4±42.5	1.0298±0.0096
180 dias (n=35)	495.3±54.2	17.3±4.8	481.6±53.5	1.0285±0.0105
210 dias (n=27)	502.8±51.8	17.9±4.2	488.6±50.6	1.0289±0.0081
240 dias (n=13)	524.5±45.0	19.7±4.7	508.8±43.7	1.0309±0.0087

Para a validação das equações de cada faixa etária, apenas 15 animais que não foram incluídos aos procedimentos das formulações das equações, foram submetidos à pesagem hidrostática para a determinação de seus parâmetros somáticos, posteriormente esses mesmos animais tiveram seus volumes e densidades corporais e pesos hidrostáticos estimados a partir das equações criadas no presente estudo.

Os resultados dos variáveis reais, ou seja, determinados pela pesagem hidrostática, e os variáveis estimados, ou seja, determinados pela equação (tabela 9), foram comparados estatisticamente pelo teste T student para amostras dependentes e foi verificado que não houve diferença entre essas variáveis analisadas, mostrando dessa forma, que a equação é confiável e válida para determinação do volume, densidade corporal e peso hidrostático.

Tabela 9. Valores em média e desvio padrão de peso corporal (PC), peso hidrostático (PH), volume corporal (VC) e densidade corporal (DC).

	PH (g)		VC (cm ³)		DC (g/cm ³)	
	Real	Estimado	Real	Estimado	Real	Estimado
60 dias	9.7±2.6	9.4±0.2	264.4±29.8	264.7±29.0	1.0293±0.0108	1.0277±0.0009
90 dias	14.4±6.0	14.9±0.1	352.2±23.6	351.9±22.4	1.0334±0.0172	1.0339±0.0003
120 dias	17.0±4.6	17.1±0.9	389.6±41.1	389.9±41.4	1.0360±0.0122	1.0354±0.0024
150 dias	16.6±3.0	16.4±1.2	436.7±60.8	436.9±59.4	1.0311±0.0092	1.0303±0.0032
180 dias	16.7±4.2	17.8±0.5	438.1±41.9	438.5±42.6	1.0303±0.0088	1.0295±0.0011
210 dias	17.8±5.0	18.1±0.2	486.3±53.4	486.1±54.4	1.0287±0.0085	1.0293±0.0004
240 dias	18.8±4.5	19.7±0.2	488.6±45.8	488.4±45.1	1.0309±0.0090	1.0310±0.0005

Diferença estatística significativa $p < 0,05$.

A partir de uma regressão linear entre peso e volume corporal foi observada uma excelente correlação entre essas variáveis, perante isso, foi possível a elaboração de uma equação para estimar o volume corporal de ratos em diferentes faixas etárias, sendo possível obter o volume corporal do rato, apenas utilizando o peso do animal. Da mesma forma, a densidade e peso hidrostático também apresentaram uma boa correlação, sendo assim, a partir da densidade obtida pelos cálculos da equação de volume corporal é possível estimar o peso hidrostático

As figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24 apresentam a regressão linear entre peso (g) e volume (cm³) e a regressão linear entre densidade (g/cm³) e peso hidrostático (g)

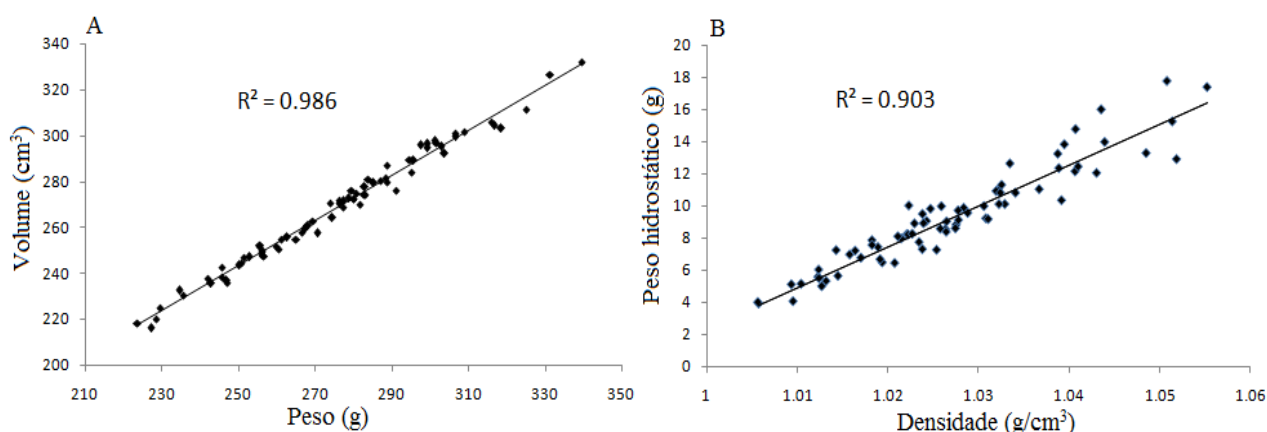


Figura 19: (A) Regressão linear entre peso (g) e volume corporal (cm³) (B) Regressão linear entre densidade (g/cm³) e peso hidrostático (g) em ratos de 60 dias de idade.

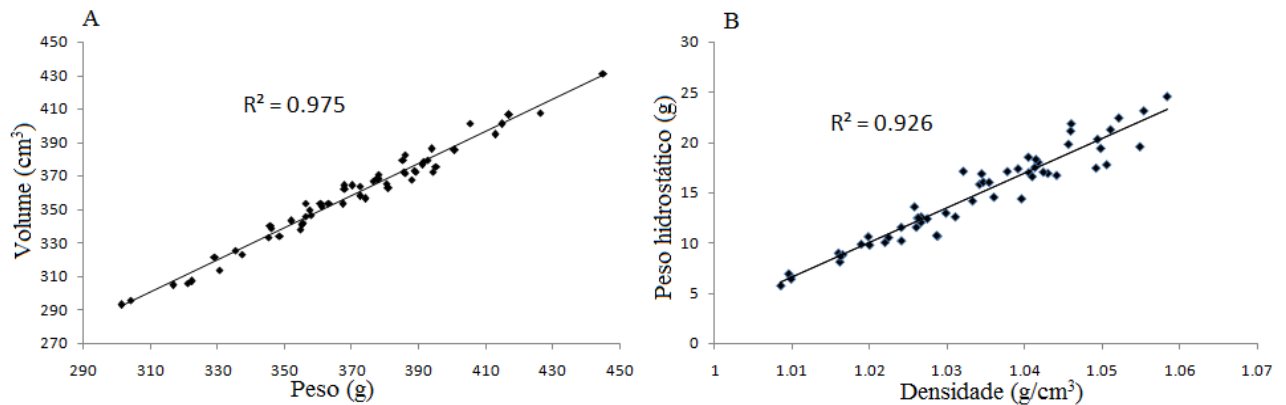


Figura 20: (A) Regressão linear entre peso (g) e volume corporal (cm³) (B) Regressão linear entre densidade (g/cm³) e peso hidrostático (g) em ratos de 90 dias de idade.

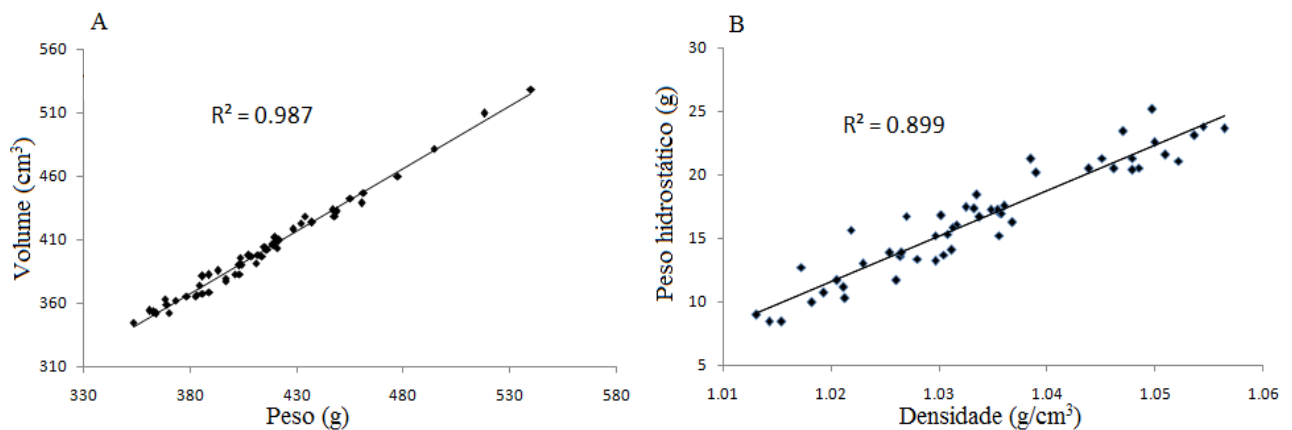


Figura 21: (A) Regressão linear entre peso (g) e volume corporal (cm³) (B) Regressão linear entre densidade (g/cm³) e peso hidrostático (g) em ratos de 120 dias de idade.

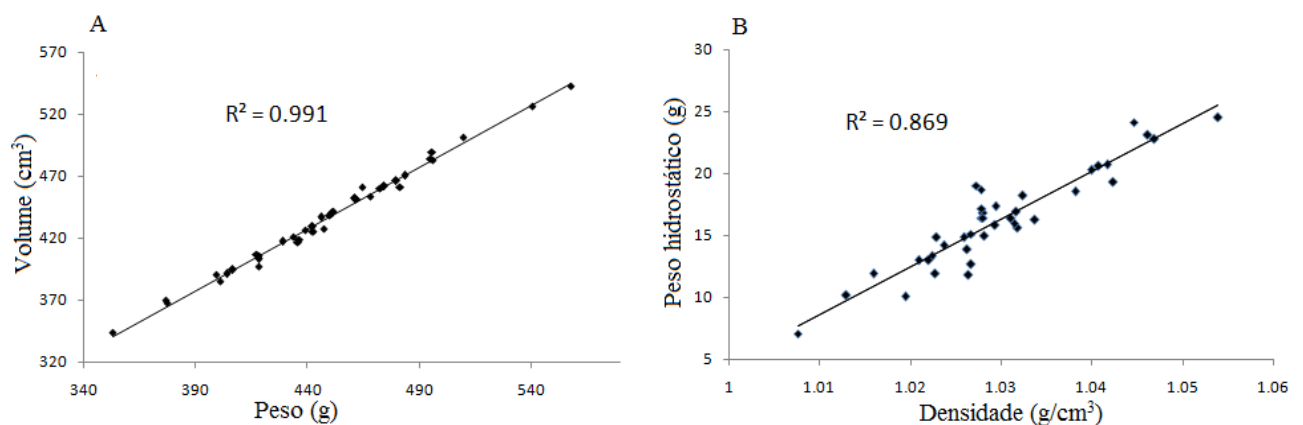


Figura 22: (A) Regressão linear entre peso (g) e volume corporal (cm³) (B) Regressão linear entre densidade (g/cm³) e peso hidrostático (g) em ratos de 150 dias de idade.

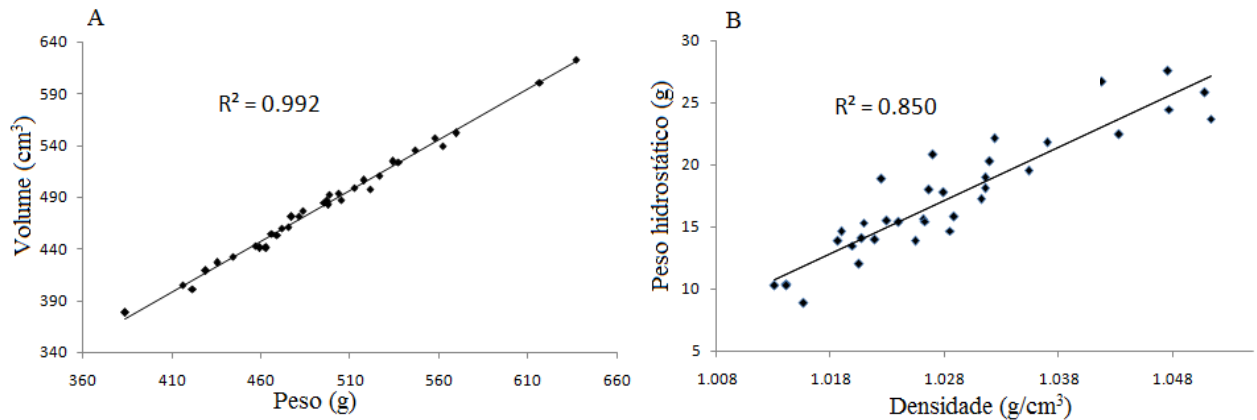


Figura 23: (A) Regressão linear entre peso (g) e volume corporal (cm³) (B) Regressão linear entre densidade (g/cm³) e peso hidrostático (g) em ratos de 180 dias de idade.

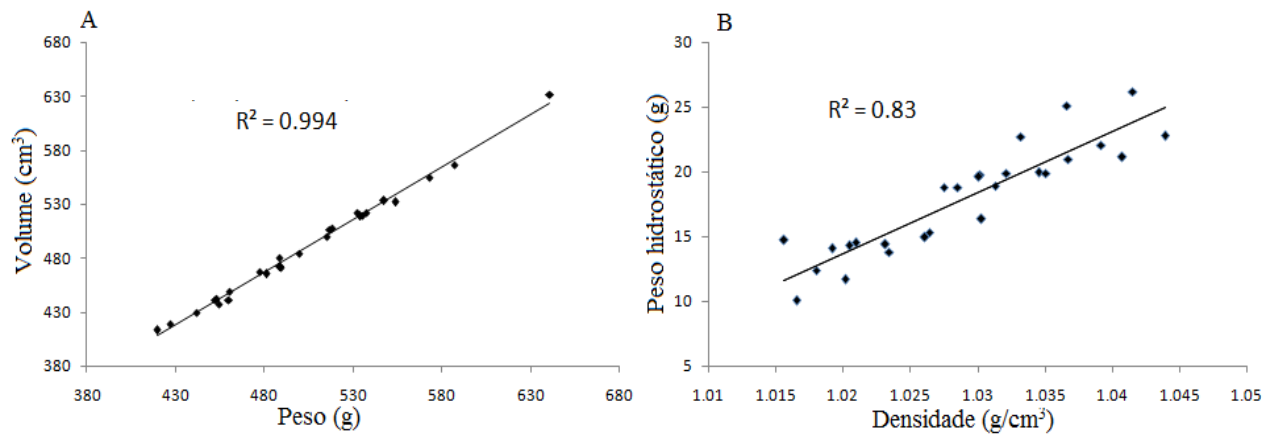


Figura 24: (A) Regressão linear entre peso (g) e volume corporal (cm³) (B) Regressão linear entre densidade (g/cm³) e peso hidrostático (g) em ratos de 210 dias de idade.

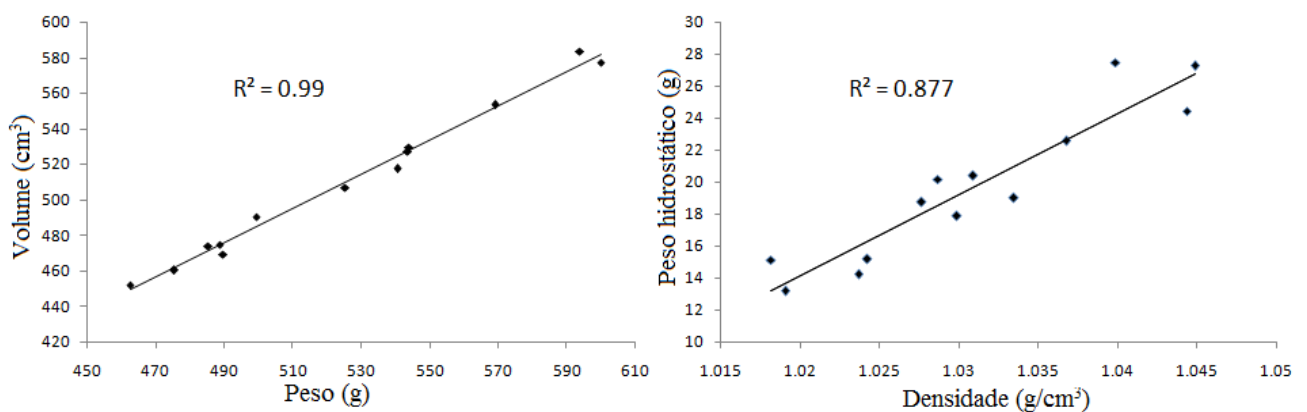


Figura 25: (A) Regressão linear entre peso (g) e volume corporal (cm³) (B) Regressão linear entre densidade (g/cm³) e peso hidrostático (g) em ratos de 240 dias de idade.

Após a realização das regressões lineares entre as variáveis peso e volume corporal foi possível obter diferentes equações para diferentes faixas etárias, para estimar VC de ratos, apenas por meio do peso do animal (equações 3 a 9).

$$\text{VC (cm}^3\text{)} = 0.981 \cdot \text{peso (g)} - 2.135$$

Equação 3: Equação para estimar o VC de animais de 60 dias.

$$\text{VC (cm}^3\text{)} = 0.963 \cdot \text{peso (g)} + 1.515$$

Equação 4: Equação para estimar o VC de animais de 90 dias.

$$\text{VC (cm}^3\text{)} = 0.987 \cdot \text{peso (g)} - 8.467$$

Equação 5: Equação para estimar o VC de animais de 120 dias.

$$\text{VC (cm}^3\text{)} = 0.994 \cdot \text{peso (g)} - 10.37$$

Equação 6: Equação para estimar o VC de animais de 150 dias.

$$\text{VC (cm}^3\text{)} = 0.983 \cdot \text{peso (g)} - 5.222$$

Equação 7: Equação para estimar o VC de animais de 180 dias.

$$\text{VC (cm}^3\text{)} = 0.975 \cdot \text{peso (g)} - 1.714$$

Equação 8: Equação para estimar o VC de animais de 210 dias.

$$\text{VC (cm}^3\text{)} = 0.965 \cdot \text{peso (g)} + 2.460$$

Equação 9: Equação para estimar o VC de animais de 240 dias.

Para tornar-se aplicável o peso hidrostático no modelo de natação para ratos, e conseqüentemente a utilização desse parâmetro para a correção da real sobrecarga de esforço, foram criadas diferentes equações para cada faixa etária, para estimar o peso hidrostático por meio apenas do peso corporal do animal (equações 10 a 16).

$$\text{Peso Hidrostático (g)} = 254.4 * [\text{peso}/0.981 * \text{peso(g)} - 2.135] - 252.0$$

Equação 10: Equação para estimar o peso hidrostático de animais de 60 dias.

$$\text{Peso Hidrostático (g)} = 346.8 * [\text{peso}/0.963 * \text{peso(g)} + 1.515] - 343.7$$

Equação 11: Equação para estimar o peso hidrostático de animais de 90 dias.

$$\text{Peso Hidrostático (g)} = 360.8 * [\text{peso}/0.987 * \text{peso(g)} - 8.467] - 356.5$$

Equação 12: Equação para estimar o peso hidrostático de animais de 120 dias.

$$\text{Peso Hidrostático (g)} = 383.1 * [\text{peso}/0.994 * \text{peso (g)} - 10.37] - 378.3$$

Equação 13: Equação para estimar o peso hidrostático de animais de 150 dias.

$$\text{Peso Hidrostático (g)} = 426.6 * [\text{peso}/0.983 * \text{peso(g)} - 5.222] - 421.4$$

Equação 14: Equação para estimar o peso hidrostático de animais de 180 dias.

$$\text{Peso Hidrostático (g)} = 472.0 * [\text{peso}/0.975 * \text{peso (g)} - 1.714] - 467.7$$

Equação 15: Equação para estimar o peso hidrostático de animais de 210 dias.

$$\text{Peso Hidrostático (g)} = 507.5 * [\text{peso}/0.965 * \text{peso (g)} + 2.460] - 503.5$$

Equação 16: Equação para estimar o peso hidrostático de animais de 240 dias.

Os valores de correlação de Pearson entre os parâmetros: peso corporal (PC), índice de Lee (IL), comprimento (C), peso hidrostático (PH), volume corporal (VC) e densidade corporal de todos os animais utilizados no estudo estão mostrados nas tabelas 10 a 16.

Tabela 10: Correlação de Pearson entre os parâmetros: PC, IL, C, PH, VC e DC em animais de 60 dias de idade.

	PC (g)	IL (g ^{0.33} /cm)	C cm	PH (g)	VC (cm ³)	DC (g/cm ³)
PC		0.40*	0.58*	0.22*	0.99*	-0.06
IL			-0.51*	-0.05	0.41*	-0.17
C				0.24*	0.56*	0.08
PH					0.10	0.96*
VC						-0.18

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 11: Correlação de Pearson entre os parâmetros: PC, IL, C, PH, VC e DC em animais de 90 dias de idade.

	PC (g)	IL (g ^{0.33} /cm)	C cm	PH (g)	VC (cm ³)	DC (g/cm ³)
PC		0.31*	0.57*	0.24*	0.98*	0.00
IL			-0.60*	0.21	0.28*	0.15
C				0.01	0.58*	-0.13
PH					0.06	0.97*
VC						-0.17

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 12: Correlação de Pearson entre os parâmetros: PC, IL, C, PH, VC e DC em animais de 120 dias de idade.

	PC (g)	IL (g ^{0.33} /cm)	C cm	PH (g)	VC (cm ³)	DC (g/cm ³)
PC		0.37*	0.68*	0.20	0.99*	-0.13
IL			-0.43*	0.21	0.35*	0.10
C				0.03	0.69*	-0.20
PH					0.08	0.94*
VC						-0.24

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 13: Correlação de Pearson entre os parâmetros: PC, IL, C, PH, VC e DC em animais de 150 dias de idade.

	PC (g)	IL (g ^{0.33} /cm)	C cm	PH (g)	VC (cm ³)	DC (g/cm ³)
PC		0.59*	0.69*	0.05	1.00*	-0.35*
IL			-0.18	0.08	0.59*	-0.15
C				0.00	0.69*	-0.29*
PH					-0.02	0.91*
VC						-0.42*

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 14: Correlação de Pearson entre os parâmetros: PC, IL, C, PH, VC e DC em animais de 180 dias de idade.

	PC	IL	C	PH	VC	DC
	(g)	(g ^{0.33} /cm)	cm	(g)	(cm ³)	(g/cm ³)
PC		0.45*	0.75*	0.32*	1.00*	-0.09
IL			-0.26	0.11	0.45*	-0.06
C				0.27	0.74*	-0.04
PH					0.24	0.91*
VC						-0.17

Correlação significativa para: *p<0.05.

Tabela 15: Correlação de Pearson entre os parâmetros: PC, IL, C, PH, VC e DC em animais de 210 dias de idade.

	PC	IL	C	PH	VC	DC
	(g)	(g ^{0.33} /cm)	cm	(g)	(cm ³)	(g/cm ³)
PC		0.47*	0.59*	0.47*	1.00*	0.09
IL			-0.44*	0.23	0.46*	0.04
C				0.29	0.59*	0.08
PH					0.41*	0.92*
VC						0.02

Correlação significativa para: *p<0.05.

Os valores das correlações de Pearson realizadas entre os parâmetros somáticos: Peso Corporal (PC), Peso Hidrostático (PH), Volume Corporal (VC), Densidade Corporal (DC), Comprimento (C), Índice de Lee (IL) e os parâmetros de composição química da carcaça: água (H₂O), Massa Gorda (MG), Massa Magra (MM), e Proteína da Massa magra (ProtM) em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (%CE) e os parâmetros corporais: Gordura Visceral Total (GVT), Carcaça Eviscerada (CE) e Peso de Vísceras (PV) em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) de apenas 15 animais de cada faixa etária estão apresentadas nas tabelas abaixo.

Tabela 17. Correlação de Pearson entre os parâmetros somáticos: PC, PH, VC, DC, C e IL e os parâmetros da composição química da carcaça: H₂O, MG, MM e ProtM em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (%CE), e parâmetros corporais: GVT, CE e PV em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) em animais de 60 dias.

	PC (g)	PH (g)	VC (cm ³)	DC (g/cm ³)	C (cm)	IL (g ^{0.33} /cm)
GVT (g)	0.63*	0.03	0.65*	-0.14	-0.02	0.67*
H₂O (g)	0.94*	0.44	0.92*	0.23	0.51	0.43
MG (g)	0.46	0.17	0.46	0.06	-0.23	0.71*
MM (g)	0.92*	0.40	0.91*	0.18	0.58	0.34
ProtM (g)	-0.33	-0.36	-0.31	-0.31	-0.62*	0.27
CE (g)	0.96	0.43	0.95*	0.21	0.42	0.55
PV (g)	0.66*	0.20	0.67*	0.04	0.58	0.10
CE (%PC)	-0.15	0.09	-0.16	0.13	-0.31	0.14
PV (%PC)	0.07	-0.06	0.08	-0.09	0.36	-0.26
GVT (%PC)	0.35	-0.12	0.38	-0.23	-0.20	0.59
H₂O (%CE)	-0.14	0.04	-0.15	0.08	0.43	-0.61*
MG (%CE)	0.17	0.02	0.17	-0.02	-0.43	0.63*
MM (%CE)	-0.16	-0.10	-0.16	-0.06	0.32	-0.48

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 18. Correlação de Pearson entre os parâmetros de composição química da carcaça: H₂O, MG, MM e ProtM em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (%CE) e parâmetros corporais: GVT, CE e PV em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) em animais de 60 dias de idade.

	GVT (g)	H₂O (g)	MG (g)	MM (g)	GVT (%PC)	H₂O (%PCa)	MG (%PCa)	MM (%PCa)
GVT (g)		0.44	0.81*	0.36	0.95*	-0.73*	0.72*	-0.51
H₂O (g)	0.44		0.36	0.92*	0.15	0.08	0.05	-0.20
MG (g)	0.81*	0.36		0.14	0.77*	-0.82*	0.95*	-0.84*
MM (g)	0.36	0.92*	0.14		0.06	0.15	-0.18	0.16
ProtM (g)	0.19	-0.25	0.25	-0.41	0.38	-0.27	0.39	-0.44
CE (g)	0.59	0.98*	0.53	0.89*	0.31	-0.12	0.24	-0.31
PV (g)	0.35	0.43	-0.04	0.64*	0.17	-0.01	-0.20	0.39
CE (%PC)	-0.16	0.15	0.25	-0.13	-0.17	0.10	0.23	-0.55
PV (%PC)	-0.04	-0.18	-0.42	0.12	-0.04	0.07	-0.40	0.67*
GVT (%PC)	0.95*	0.15	0.77	0.06		-0.81*	0.77*	-0.52
H₂O (%CE)	-0.73*	0.08	-0.82	0.15	-0.81*		-0.89*	0.54
MG (%CE)	0.72*	0.05	0.95	-0.18	0.77*	-0.89*		-0.86*
MM (%CE)	-0.51	-0.20	-0.84	0.16	-0.52	0.54	-0.86*	

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 19. Correlação de Pearson entre os parâmetros somáticos: PC, PH, VC, DC, C e IL e os parâmetros da composição química da carcaça: H₂O, MG, MM e ProtM em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (% CE), e parâmetros corporais: GVT, CE e PV em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) em animais de 90 dias.

	PC (g)	PH (g)	VC (cm³)	DC (g/cm³)	C (cm)	IL (g^{0.33}/cm)
GVT (g)	0.25	0.08	0.26	0.04	0.17	-0.01
H₂O (g)	0.90*	0.55	0.87*	0.47	0.34	0.30
MG (g)	-0.08	-0.08	-0.07	-0.08	0.18	-0.27
MM (g)	0.93*	0.64*	0.88*	0.55	0.27	0.40
ProtM (g)	0.11	0.37	0.03	0.40	0.61*	-0.61*
CE (g)	0.97*	0.61*	0.94*	0.52	0.40	0.29
PV (g)	0.87*	0.31	0.89*	0.20	0.54	0.05
CE (%PC)	-0.30	0.15	-0.36	0.22	-0.37	0.19
PV (%PC)	0.38	-0.10	0.45	-0.18	0.41	-0.17
GVT (%PC)	-0.07	-0.10	-0.06	-0.11	0.01	-0.08
H₂O (%CE)	0.34	0.17	0.34	0.15	0.08	0.18
MG (% CE)	-0.44	-0.29	-0.42	-0.26	-0.02	-0.32
MM (% CE)	0.50	0.48	0.44	0.45	-0.14	0.53

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 20. Correlação de Pearson entre os parâmetros de composição química da carcaça: H₂O, MG, MM e ProtM em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (%CE) e parâmetros corporais: GVT, CE e PV em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) em animais de 90 dias de idade.

	GVT (g)	H₂O (g)	MG (g)	MM (g)	GVT (%PC)	H₂O (%PCa)	MG (%PCa)	MM (%PCa)
GVT (g)		-0.09	0.63*	0.08	0.94*	-0.59	0.49	-0.05
H₂O (g)	-0.09		-0.46	0.95*	-0.40	0.69*	-0.75*	0.60*
MG (g)	0.63*	-0.46		-0.35	0.67*	-0.92*	0.93*	-0.60*
MM (g)	0.08	0.95*	-0.35		-0.22	0.51	-0.65*	0.75*
ProtM (g)	0.27	-0.02	0.34	-0.05	0.22	-0.19	0.24	-0.28
CE (g)	0.13	0.96*	-0.19	0.96*	-0.19	0.45	-0.54	0.55
PV (g)	0.21	0.68*	-0.01	0.70*	-0.08	0.22	-0.29	0.34
CE (%PC)	-0.57	0.07	-0.43	-0.02	-0.48	0.38	-0.34	0.09
PV (%PC)	0.06	0.16	0.07	0.17	-0.08	0.02	-0.02	0.03
GVT (%PC)	0.94*	-0.40	0.67*	-0.22		-0.73*	0.65*	-0.21
H₂O (%CE)	-0.59	0.69*	-0.92*	0.51	-0.73*		-0.96*	0.49
MG (%CE)	0.49	-0.75*	0.93*	-0.65*	0.65*	-0.96*		-0.72*
MM (%CE)	-0.05	0.60*	-0.60*	0.75*	-0.21	0.49	-0.72*	

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 21. Correlação de Pearson entre os parâmetros somáticos: PC, PH, VC, DC, C e IL e os parâmetros da composição química da carcaça: H₂O, MG, MM e ProtM em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (% CE), e parâmetros corporais: GVT, CE e PV em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) em animais de 120 dias.

	PC (g)	PH (g)	VC (cm³)	DC (g/cm³)	C (cm)	IL (g^{0.33}/cm)
GVT (g)	0.36	0.51	0.30	0.48	0.06	0.38
H₂O (g)	0.91*	0.67*	0.87*	0.49	0.80*	-0.13
MG (g)	0.34	0.18	0.34	0.13	0.15	0.21
MM (g)	0.92	0.71	0.88	0.53	0.70*	0.05
ProtM (g)	0.18	0.14	0.17	0.12	0.08	0.10
CE (g)	0.93*	0.68*	0.89*	0.50	0.76*	-0.05
PV (g)	0.41	-0.18	0.48	-0.33	0.31	-0.01
CE (%PC)	0.07	0.46	-0.01	0.51	0.12	-0.08
PV (%PC)	-0.07	-0.50	0.01	-0.55	-0.06	-0.02
GVT (%PC)	0.02	0.34	-0.03	0.39	-0.22	0.41
H₂O (%CE)	0.43	0.34	0.41	0.25	0.54	-0.34
MG (% CE)	-0.26	-0.27	-0.23	-0.21	-0.35	0.26
MM (% CE)	-0.50	-0.26	-0.49	-0.17	-0.56*	0.27

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 22. Correlação de Pearson entre os parâmetros de composição química da carcaça: H₂O, MG, MM e ProtM em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (%CE) e parâmetros corporais: GVT, CE e PV em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) em animais de 120 dias de idade.

	GVT (g)	H₂O (g)	MG (g)	MM (g)	GVT (%PC)	H₂O (%PCa)	MG (%PCa)	MM (%PCa)
GVT (g)		0.28	0.78*	0.51	0.94*	-0.43	0.54	-0.05
H₂O (g)	0.28		0.24	0.92*	-0.04	0.63*	-0.41	-0.67*
MG (g)	0.78*	0.24		0.42	0.70*	-0.54	0.78*	-0.27
MM (g)	0.51	0.92*	0.42		0.21	0.35	-0.21	-0.39
ProtM (g)	-0.35	0.21	-0.39	0.01	-0.43	0.52	-0.46	-0.29
CE (g)	0.45	0.98*	0.43	0.96*	0.13	0.45	-0.22	-0.62*
PV (g)	-0.29	0.09	-0.25	0.10	-0.43	0.17	-0.27	0.12
CE (%PC)	0.32	0.42	0.32	0.35	0.29	0.20	0.01	-0.47
PV (%PC)	-0.50	-0.38	-0.45	-0.37	-0.49	-0.04	-0.15	0.39
GVT (%PC)	0.94*	-0.04	0.70*	0.21		-0.62*	0.67*	0.15
H₂O (%CE)	-0.43	0.63*	-0.54	0.35	-0.62*		-0.90*	-0.55*
MG (% CE)	0.54	-0.41	0.78*	-0.21	0.67*	-0.90*		0.15
MM (% CE)	-0.05	-0.67*	-0.27	-0.39	0.15	-0.55*	0.15	

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 23. Correlação de Pearson entre os parâmetros somáticos: PC, PH, VC, DC, C e IL e os parâmetros da composição química da carcaça: H₂O, MG, MM e ProtM em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (% CE), e parâmetros corporais: GVT, CE e PV em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) em animais de 150 dias.

	PC (g)	PH (g)	VC (cm³)	DC (g/cm³)	C (cm)	IL (g^{0.33}/cm)
GVT (g)	0.93*	-0.21	0.94*	-0.65*	0.58	0.75*
H₂O (g)	0.86*	0.03	0.85*	-0.44	0.67*	0.55
MG (g)	0.94*	-0.19	0.95*	-0.64*	0.67*	0.65*
MM (g)	0.78*	-0.04	0.78*	-0.47	0.93*	0.12
ProtM (g)	-0.40	-0.02	-0.39	0.16	-0.26	-0.28
CE (g)	0.99*	-0.09	0.99*	-0.60	0.77*	0.62*
PV (g)	0.91*	0.15	0.90*	-0.35	0.76*	0.52
CE (%PC)	-0.80*	-0.07	-0.79*	0.35	-0.58	-0.56
PV (%PC)	0.14	0.49	0.10	0.33	0.26	-0.07
GVT (%PC)	0.92*	-0.20	0.93*	-0.64*	0.57	0.74*
H₂O (%CE)	-0.78*	0.22	-0.79*	0.58	-0.62*	-0.46
MG (% CE)	0.91*	-0.18	0.92*	-0.62*	0.65*	0.63*
MM (% CE)	-0.92*	0.07	-0.92*	0.53	-0.54	-0.79*

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 24. Correlação de Pearson entre os parâmetros de composição química da carcaça: H₂O, MG, MM e ProtM em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (%CE) e parâmetros corporais: GVT, CE e PV em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) em animais de 150 dias de idade.

	GVT (g)	H₂O (g)	MG (g)	MM (g)	GVT (%PC)	H₂O (%PC a)	MG (%PCa)	MM (%PCa)
GVT (g)		0.64*	0.98*	0.62*	1.00*	-0.90*	0.98*	-0.87*
H₂O (g)	0.64*		0.67*	0.70*	0.62*	-0.37	0.60	-0.87*
MG (g)	0.98*	0.67*		0.68*	0.96*	-0.92*	1.00*	-0.87*
MM (g)	0.62*	0.70*	0.68*		0.62*	-0.64*	0.66*	-0.52
ProtM (g)	-0.43	-0.28	-0.48	-0.12	-0.41	0.40	-0.47	0.49
CE (g)	0.89*	0.90*	0.92*	0.80*	0.87*	-0.73*	0.88*	-0.93*
PV (g)	0.86*	0.72*	0.82*	0.72*	0.86*	-0.72*	0.81*	-0.77*
CE (%PC)	-0.87*	-0.49	-0.79*	-0.56	-0.89*	0.77*	-0.80*	0.66*
PV (%PC)	0.14	-0.02	0.03	0.14	0.17	-0.10	0.06	0.04
GVT (%PC)	1.00*	0.62*	0.96*	0.62*		-0.90*	0.97*	-0.84*
H₂O (%CE)	-0.90*	-0.37	-0.92*	-0.64*	-0.90*		-0.95*	0.62*
MG (%CE)	0.98*	0.60	1.00*	0.66*	0.97*	-0.95*		-0.83*
MM (%CE)	-0.87*	-0.87*	-0.87*	-0.52	-0.84*	0.62*	-0.83*	

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 25. Correlação de Pearson entre os parâmetros somáticos: PC, PH, VC, DC, C e IL e os parâmetros da composição química da carcaça: H₂O, MG, MM e ProtM em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (% CE), e parâmetros corporais: GVT, CE e PV em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) em animais de 180 dias.

	PC	PH	VC	DC	C	IL
	(g)	(g)	(cm³)	(g/cm³)	(cm)	(g^{0.33}/cm)
GVT (g)	0.85*	0.04	0.86*	-0.38	0.81*	0.61*
H₂O (g)	0.94*	0.49	0.92*	0.03	0.80*	0.76*
MG (g)	0.87*	-0.04	0.89*	-0.46	0.73*	0.73*
MM (g)	0.89*	0.53	0.88*	0.09	0.78*	0.70*
ProtM (g)	-0.27	0.09	-0.28	0.23	-0.32	-0.10
CE (g)	0.99*	0.35	0.99*	-0.14	0.84*	0.81*
PV (g)	0.85*	0.29	0.84*	-0.14	0.70*	0.70*
CE (%PC)	-0.48	0.11	-0.49	0.37	-0.46	-0.33
PV (%PC)	-0.16	-0.04	-0.16	0.02	-0.19	-0.10
GVT (%PC)	0.70*	-0.09	0.72*	-0.44	0.70*	0.47
H₂O (%CE)	-0.50	0.37	-0.53	0.62*	-0.42	-0.43
MG (% CE)	0.64*	-0.28	0.67*	-0.59*	0.53	0.55*
MM (% CE)	-0.76*	0.07	-0.78*	0.44	-0.61*	-0.67*

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 26. Correlação de Pearson entre os parâmetros de composição química da carcaça: H₂O, MG, MM e ProtM em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (%CE) e parâmetros corporais: GVT, CE e PV em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) em animais de 180 dias de idade.

	GVT (g)	H₂O (g)	MG (g)	MM (g)	GVT (%PC)	H₂O (%PCa)	MG (%PCa)	MM (%PCa)
GVT (g)		0.65*	0.95*	0.64*	0.97*	-0.82*	0.87*	-0.79*
H₂O (g)	0.65*		0.68*	0.94*	0.46	-0.19	0.37	-0.61*
MG (g)	0.95*	0.68*		0.60*	0.88*	-0.84*	0.93*	-0.91*
MM (g)	0.64*	0.94*	0.60*		0.46	-0.18	0.29	-0.41
ProtM (g)	-0.29	-0.27	-0.19	-0.43	-0.25	0.16	-0.08	-0.08
CE (g)	0.81*	0.97*	0.84*	0.91*	0.66*	-0.44	0.59*	-0.74*
PV (g)	0.62*	0.76*	0.66*	0.73*	0.45	-0.33	0.45	-0.55
CE (%PC)	-0.59*	-0.22	-0.55	-0.23	-0.58*	0.58*	-0.56*	0.42
PV (%PC)	-0.31	-0.22	-0.28	-0.20	-0.35	0.23	-0.27	0.28
GVT (%PC)	0.97*	0.46	0.88*	0.46		-0.88*	0.89*	-0.74*
H₂O (%CE)	-0.82*	-0.19	-0.84*	-0.18	-0.88*		-0.96*	0.70*
MG (%CE)	0.87*	0.37	0.93*	0.29	0.89*	-0.96*		-0.88*
MM (%CE)	-0.79*	-0.61*	-0.91*	-0.41	-0.74*	0.70*	-0.88*	

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 27. Correlação de Pearson entre os parâmetros somáticos: PC, PH, VC, DC, C e IL e os parâmetros da composição química da carcaça: H₂O, MG, MM e ProtM em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (% CE), e parâmetros corporais: GVT, CE e PV em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) em animais de 210 dias.

	PC (g)	PH (g)	VC (cm³)	DC (g/cm³)	C (cm)	IL (g^{0.33}/cm)
GVT (g)	0.53*	-0.16	0.57*	-0.37	0.16	0.61*
H₂O (g)	0.89*	0.69*	0.87*	0.41	0.87*	-0.02
MG (g)	0.56*	0.00	0.59*	-0.21	0.25	0.51
MM (g)	0.81*	0.59*	0.80*	0.35	0.81*	-0.04
ProtM (g)	0.43	0.57*	0.39	0.46	0.31	0.19
CE (g)	0.98*	0.59*	0.97*	0.28	0.85*	0.16
PV (g)	0.69*	0.55*	0.67*	0.33	0.75*	-0.16
CE (%PC)	-0.10	0.33	-0.14	0.41	0.09	-0.32
PV (%PC)	-0.36	0.01	-0.38	0.13	-0.08	-0.47
GVT (%PC)	0.38	-0.28	0.42	-0.44	-0.00	0.64*
H₂O (%CE)	-0.07	0.39	-0.11	0.44	0.22	-0.51
MG (% CE)	0.16	-0.29	0.19	-0.38	-0.15	0.53*
MM (% CE)	-0.25	0.05	-0.27	0.16	-0.02	-0.39

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 28. Correlação de Pearson entre os parâmetros de composição química da carcaça: H₂O, MG, MM e ProtM em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (%CE) e parâmetros corporais: GVT, CE e PV em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) em animais de 210 dias de idade.

	GVT (g)	H₂O (g)	MG (g)	MM (g)	GVT (%PC)	H₂O (%PCa)	MG (%PCa)	MM (%PCa)
GVT (g)		0.11	0.90*	0.11	0.98*	-0.82*	0.82*	-0.54*
H₂O (g)	0.11		0.17	0.91*	-0.05	0.37	-0.27	0.01
MG (g)	0.90*	0.17		0.05	0.87*	-0.81*	0.90*	-0.77*
MM (g)	0.11	0.91*	0.05		-0.03	0.32	-0.37	0.34
ProtM (g)	-0.17	0.63*	-0.19	0.67*	-0.25	0.45	-0.46	0.34
CE (g)	0.42	0.94*	0.48	0.86*	0.27	0.03	0.06	-0.19
PV (g)	0.00	0.73*	0.03	0.66*	-0.13	0.37	-0.28	0.04
CE (%PC)	-0.58*	0.26	-0.44	0.24	-0.61*	0.55*	-0.53*	0.34
PV (%PC)	-0.62*	-0.19	-0.62*	-0.20	-0.61*	0.54*	-0.52*	0.31
GVT (%PC)	0.98*	-0.05	0.87*	-0.03		-0.89*	0.86*	-0.53*
H₂O (%CE)	-0.82*	0.37	-0.81*	0.32	-0.89*		-0.94*	0.53*
MG (% CE)	0.82*	-0.27	0.90*	-0.37	0.86*	-0.94*		-0.78*
MM (% CE)	-0.54*	0.01	-0.77*	0.34	-0.53*	0.53*	-0.78*	

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 29. Correlação de Pearson entre os parâmetros somáticos: PC, PH, VC, DC, C e IL e os parâmetros da composição química da carcaça: H₂O, MG, MM e ProtM em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (% CE), e parâmetros corporais: GVT, CE e PV em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) em animais de 240 dias.

	PC (g)	PH (g)	VC (cm³)	DC (g/cm³)	C (cm)	IL (g^{0.33}/cm)
GVT (g)	0.65*	-0.17	0.67*	-0.47	-0.02	0.75*
H₂O (g)	0.90*	0.58*	0.87*	0.15	0.63*	0.64*
MG (g)	0.79*	-0.09	0.81*	-0.45	0.08	0.85*
MM (g)	0.68*	0.38	0.67*	0.02	0.77*	0.31
ProtM (g)	0.68*	0.40	0.66*	0.11	0.32	0.57
CE (g)	0.97*	0.38	0.96*	-0.08	0.55	0.77*
PV (g)	0.15	-0.12	0.17	-0.22	0.04	0.16
CE (%PC)	0.28	0.49	0.24	0.38	0.41	0.06
PV (%PC)	-0.47	-0.28	-0.45	-0.07	-0.26	-0.37
GVT (%PC)	0.46	-0.26	0.49	-0.49	-0.18	0.64*
H₂O (%CE)	-0.33	0.53	-0.38	0.69*	0.20	-0.50
MG (% CE)	0.57	-0.28	0.61*	-0.54	-0.15	0.75*
MM (% CE)	-0.69*	-0.17	-0.69*	0.12	0.02	-0.80*

Correlação significativa para: *p<0,05.

Tabela 30. Correlação de Pearson entre os parâmetros de composição química da carcaça: H₂O, MG, MM e ProtM em valores absolutos (g) e relativos ao peso da carcaça eviscerada (%CE) e parâmetros corporais: GVT, CE e PV em valores absolutos (g) e relativos ao peso corporal (%PC) em animais de 240 dias de idade.

	GVT (g)	H₂O (g)	MG (g)	MM (g)	GVT (%PC)	H₂O (%PCa)	MG (%PCa)	MM (%PCa)
GVT (g)		0.36	0.88*	0.27	0.97*	-0.82*	0.88*	-0.61*
H₂O (g)	0.36		0.53	0.76*	0.16	0.05	0.25	-0.57
MG (g)	0.88*	0.53		0.25	0.78*	-0.76*	0.95*	-0.84*
MM (g)	0.27	0.76*	0.25		0.14	-0.02	0.02	-0.00
ProtM (g)	0.32	0.63*	0.54	0.48	0.15	-0.19	0.37	-0.47
CE (g)	0.60*	0.95*	0.75*	0.74*	0.42	-0.26	0.52	-0.68*
PV (g)	-0.18	-0.01	-0.08	-0.06	-0.28	0.15	-0.11	0.02
CE (%PC)	0.09	0.55	0.19	0.48	0.05	0.10	0.04	-0.21
PV (%PC)	-0.57	-0.54	-0.55	-0.47	-0.55	0.35	-0.46	0.43
GVT (%PC)	0.97*	0.16	0.78*	0.14		-0.86*	0.84*	-0.49
H₂O (%CE)	-0.82*	0.05	-0.76*	-0.02	-0.86*		-0.88*	0.38
MG (% CE)	0.88*	0.25	0.95*	0.02	0.84*	-0.88*		-0.77*
MM (% CE)	-0.61*	-0.57	-0.84*	-0.00	-0.49	0.38	-0.77*	

Correlação significativa para: *p<0,05.

6 DISCUSSÃO

Diversos são os métodos já desenvolvidos para determinação de composição corporal, dentre eles, deslocamento de ar (GNAEDINGER, 1962; KODAMA & PACE, 1963; HIX et al., 1964), diluição de hélio (WALSER & STEIN, 1953; SIRI, 1955) e pesagem hidrostática (DAHMS & GLASS, 1982; RATHBUN & PACE, 1945; KODAMA, 1971; STONE et al., 1978; ROGERS & WEBB, 1980; HOHL et al., 2007), entretanto, com a realização do presente estudo foi possível um grande avanço na âmbito da experimentação animal, uma vez que devido a utilização de um sistema de aquisição de sinais, foi possível filtrar o momento em que o animal realizava a expiração do ar no ciclo respiratório, para correção do volume de ar pulmonar corrente, e com isso diminuir sua influência, a fim de aumentar a precisão da pesagem hidrostática para animais. Sabe-se, portanto a grande importância da composição corporal no âmbito da fisiologia, fato não diferente no modelo de natação para ratos, o qual, a composição corporal pode ter um papel determinante na intensidade de exercício, uma vez que animais sujeitos a diferentes intervenções (dieta, exercício físico, patologias, medicamentos, envelhecimento) podem apresentar diferenças marcantes em aspectos da flutuabilidade, e dessa forma, causar erros na quantificação precisa da intensidade de exercício na natação.

Uma vez, que no modelo de natação para ratos a individualização da sobrecarga relativizada em função do peso corporal é a metodologia mais utilizada (COX et al., 1985; DAWSON e HORVATH, 1970; HARRI e KUUSELA, 1986; FLAIM et al., 1979; GOBATTO et al., 1991 e 2001; LEBLANC et al., 1982; MCARDLE e MONTROYE, 1966) vale ressaltar, que essa metodologia ainda não leva em consideração a densidade e o peso hidrostático do animal, embora tais, serem de extrema importância na natação e facilmente alterados por diversos fatores, dentre eles, a idade.

Nesse sentido, vale ressaltar que diversos experimentos que utilizaram animais com aproximadamente 60 dias de idade (ARAÚJO et al., 2009; ARAÚJO et al., 2007), 80 dias de idade (MANCHADO et al. 2005), 90 dias de idade (GOBATTO et al. 2001), 90 a 120 dias de idade (VOLTARELLI et al., 2003) possivelmente tiveram várias dificuldades no controle e ajuste da sobrecarga na natação para ratos, uma vez que nessas faixas etárias os animais estão em pleno desenvolvimento corporal, haja visto as intensas alterações do peso hidrostático, peso e volume corporal, evidenciadas por maiores variações (Δ) desses parâmetros em

animais com 60 e 90 dias. Dessa forma, a partir do acompanhamento longitudinal realizado no presente estudo foi possível verificar que o peso hidrostático dos animais teve aumentos significativos com o avanço da idade, variável que demonstrou ser estável em dois momentos, um deles, dentro da faixa etária de 90 a 150 dias, e em outro momento na faixa etária 180 a 240 dias, em contrapartida, a densidade dos animais apresentou maiores valores nas idades de 90 e 120 dias, entretanto após 150 dias de idade, esse parâmetro não foi diferente da idade inicial, promovendo uma estabilização dessa variável, portanto para estudos que objetivem um melhor controle de ajuste de cargas e menor interferência de alterações do crescimento do animal, talvez seja interessante a utilização de animais com aproximadamente 150 dias de idade.

Vários estudos que utilizaram o modelo de natação para ratos verificaram que, para uma mesma intensidade de exercício relativa ao peso corporal, animais obesos realizavam menores esforços em relação ao grupo controle (VOLTARELLI et al., 2003; ARAÚJO et al., 2009; MELLO et al. 2001; GOBATTO et al. 2002). Esses resultados podem ser explicados por dois fatores: possível influência que o peso hidrostático (esforço natural não quantificado que o animal sustenta para manter-se flutuando), exerce sobre a capacidade do animal em suportar uma intensidade de esforço imposta; e por uma menor densidade corporal apresentada pelo grupo obeso, permitindo dessa forma uma maior flutuação durante o exercício de natação, motivo explicado possivelmente pela elevada quantidade de tecido adiposo visceral desses animais.

Portanto percebe-se a grande influência que os parâmetros de flutuabilidade exercem sobre capacidade de nado dos animais, contudo o presente estudo proporcionou um método prático e preciso para a discriminação das diferenças individuais existentes na densidade e no peso hidrostático de ratos Wistar e conseqüentemente possibilitar a discriminação da densidade corporal e correção da real sobrecarga de trabalho realizada na natação de roedores.

Baseado então, em altas correlações entre peso e volume corporal foi possível a partir de uma regressão linear entre esses parâmetros, a elaboração de várias equações com excelentes coeficientes de determinação (R^2), validadas pelo teste T student ($p < 0.05$), que estimam o volume corporal por meio apenas do peso corporal dos animais, da mesma forma, a densidade e peso hidrostático também apresentaram altos coeficientes de determinação (R^2), sendo assim possível, a partir

da densidade obtida pelos cálculos da equação de volume corporal, estimar o peso hidrostático dos animais. Sendo assim uma maneira prática para estimar o volume corporal em estudos que fazem uso do modelo de natação para ratos, tornando viável o uso do peso hidrostático e densidade na precisa determinação da intensidade de exercício.

Os métodos diretos de determinação da composição corporal necessitam de aparelhos de custo elevado e ainda da dissecação, que implica em muitos problemas de ordem ética e legal. Entretanto o uso de modelos animais permite a avaliação direta da composição corporal (FEYDER, 1935; FRISCH et al., 1977; CHEIK et al., 2006; COSTA et al., 2007) por meio da análise da composição química da carcaça (LOWRY et al., 1951; CECCHI, 1999), todavia esses métodos implicam na eutanásia do animal, sendo dessa forma, inviáveis na realização de estudos que necessitam de um acompanhamento longitudinal. Nesse sentido métodos indiretos são muito interessantes na determinação da composição corporal, sendo um deles, a pesagem hidrostática, que é freqüentemente utilizada para validar outros métodos (BUSKIRK, 1961). Usada como parâmetro biológico para evidenciar a composição corporal, em animais (DAHMS & GLASS, 1982) e em humanos (BEHNKE & WILMORE, 1974), a densidade corporal, obtida por meio da pesagem hidrostática, mostrou corresponder proporcionalmente ao comportamento da composição da carcaça, uma vez que a densidade é inversamente proporcional ao percentual de gordura corporal e diretamente proporcional à massa magra (KODAMA, 1971), pois no mesmo momento em que os animais apresentaram maiores valores de densidade nas idades de 90 e 120 dias, também apresentaram menores valores de massa gorda e maiores valores de massa magra, em contrapartida após 150 dias de idade, quando a densidade apresentou uma diminuição, maior foram os valores de massa gorda e os menores valores de massa magra.

Por meio da composição química da carcaça, foi possível verificar aumentos significativos do conteúdo de água na carcaça, atingindo uma estabilização após 180 dias de idade, entretanto quando expresso de forma percentual o conteúdo de água é diminuído com o avanço da idade, se encontrando após a idade de 90 dias em um platô em aproximadamente 63% da água da carcaça, por outro lado, a proteína da massa magra demonstrou ser estável em todas as idades, exceto em 90 dias, que apresentou valores mais altos em comparação com as demais idades. A massa gorda teve aumentos significativos comparados à idade de 60 e 90 e 120

dias, atingindo uma estabilização após 180 dias de idade, porém quando expressa de maneira percentual, a massa gorda apresentou diferenças significativas após 150 dias comparadas a idade de 60 dias, atingindo seu ápice na idade de 210 dias, já a massa magra apresentou aumentos significativos até 120 dias, posteriormente atingiu um platô, seguido de um novo aumento aos 240 dias de idade, entretanto quando relativizado em relação à carcaça total, a massa magra apresentou uma redução significativa após 150 dias de idade. Em relação às associações entre os parâmetros somáticos, o peso hidrostático foi altamente correlacionado com a densidade corporal dos animais, no entanto, a densidade corporal apresentou baixa correlação com outras variáveis, dessa forma demonstrando ser mais dependente do peso hidrostático, Dahms e Glass (1982) observaram alta correlação entre a densidade da carcaça de ratos e seu percentual de gordura, já nesse estudo a densidade dos animais foi determinada na condição viva o que pode explicar porque os resultados diferiram dos encontrados na literatura.

De forma esperada, os valores absolutos (g) de peso corporal, peso das vísceras e peso da carcaça eviscerada apresentaram aumentos significativos em decorrência do aumento da idade, todavia após 180 dias de idade o peso das vísceras e o peso da carcaça eviscerada alcançaram uma estabilização, quando relativizados em relação ao peso corporal, somente o peso da carcaça eviscerada foi uma variável constante ao longo da idade, por outro lado, a razão (vísceras /carcaça), assim como, os valores percentuais do peso de vísceras, tiveram uma diminuição significativa a partir dos 120 dias comparado à idade de 60 dias, indicando dessa forma, que a partir dos 120 dias de idade, os animais possuem um menor crescimento das vísceras em relação ao crescimento da carcaça. Pode-se verificar que o peso corporal, assim como, o volume corporal, aumentou em função da idade na mesma proporção, tais parâmetros apresentaram uma estabilização somente a partir de 180 dias de idade, entretanto essa estabilização pode não ser permanente, uma vez que o estudo não verificou esses parâmetros após a idade de 240 dias.

A partir dos valores absolutos de gordura visceral total é possível observar um aumento dessa variável em função da idade dos animais, sendo que a partir da idade de 150 dias seus valores absolutos foram significativamente maiores que a idade de 60 dias, porém quando expressos percentualmente pode-se verificar aumentos significativos a partir da idade de 180 dias em comparação à idade de 60

dias. Além disso, os resultados revelaram que a partir dos 150 dias de idade, a quantidade de gordura (retroperitoneal e epididimal) aumentou de forma significativa comparada a idade de 60 dias, por outro lado a quantidade de gordura mesentérica somente foi significativamente maior a partir de 180 dias de idade comparado aos animais de 60 dias.

O comprimento focinho-ânus demonstrou ter um aumento constante, atingindo seu ápice aos 240 dias de idade, enquanto o índice de Lee apresentou seus maiores valores em 180 e 210 dias, todavia o índice de Lee apresentou baixos coeficientes de correlação com todas as variáveis analisadas, demonstrando não ser uma boa ferramenta preditora dos parâmetros somáticos, a utilização desse método para ratos normais é pouco utilizada e possivelmente esse índice seja mais expressivo em animais obesos (SCARMAGNANI et al., 2007; ARAUJO et al., 2007). Referente às possíveis correlações entre os parâmetros somáticos e os da composição química da carcaça, foi observado em valores absolutos e relativos ao peso da carcaça, para todas as idades investigadas, uma correlação significativa entre água e peso corporal, mostrando a forte dependência dessas variáveis, uma vez que a água é o principal constituinte de um ser vivo.

7 CONCLUSÕES

Em linhas gerais o experimento evidenciou o acompanhamento e evolução dos ratos em relação a diversos parâmetros somáticos e de composição química da carcaça e a partir dos resultados foi possível a elaboração das equações válidas para determinação do peso hidrostático, volume corporal e densidade corporal e em animais entre 60 a 240 dias de idade.

8 Referências

- Araujo G.G., Araújo M.B., D'Angelo R.A., Manchado F.B., Mota C.S.A., Ribeiro C., Mello M.A.R.** 2009. Máxima fase estável de lactato em ratos obesos de ambos os gêneros. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* **15**, 46-49.
- Araujo, G. G, et al.** Padronização da máxima fase estável de lactato em ratos obesos de ambos os gêneros. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* In press. 2007.
- Behnke, A. R.; Wilmore, J.H.** Evaluation and regulation of body build and composition. *Englewoods Cliffs*. 1974: Prentice-Hall.
- Behnke, A.R.; Feen, B.G.; Welham, W.C.** The specific gravity of healthy men. Body weight divided by volume as an index of obesity. 1942; 118: 495-498.
- Bernardis, L. L.; Patterson, B. D.** (1968) Correlation between "Lee Index" and carcass fat content in weanling and adult female rats with hypothalamic lesions. *J. Endocrinol.* 40, 527-528.
- Bishop, D.; Jenkins, D. J.** The influence of resistance training on the critical power function & time to fatigue at critical power. **The Australian Journal of Science and Medicine in Sport** . v.28, nº 4, p. 101-105, 1996.
- Braga, L.; Mello, M.; Manchado, F.; et al.** Exercício contínuo e intermitente: Efeitos do treinamento e do destreinamento sobre o peso corporal e o metabolismo muscular de ratos obesos. *Rev. Port. Cien. Desp.* 2006; 6(2):160-9.
- Buskirk, E. R.** Underwater weighing and body density: a review of procedures. In: Brozek J, Henschel A, editors. *Techniques for measuring body composition*. Washington DC: National Academy of Science. 1961: 90-105.
- Cecchi, H. M.** Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. Campinas: Unicamp, 1999. p.37-77, 87-96.
- Cheik, N. C.; Guerra, R. L. F.; Viana, F. P.; Rossi, E. A.; Carlos, I. Z.; Vendramini, R.; Duarte, A. C. G. O.; Dâmaso, A. R.** Efeito de diferentes frequências de exercício físico na prevenção da dislipidemia e da obesidade em ratos normo e hipercolesterolêmicos. *Rev. bras. Educ. Fís. Esp.* São Paulo, v.20, n.2, p.121-29, abr./jun. 2006
- Costa, R. F.** Avaliação da Composição Corporal (CD-ROM). Santos, FGA Multimídia, 1999.

Costa C. A. S.; Alves E. G.; Gonzalez, G. P.; Barbosa, T. B. C.; Lima, V. D.; Nascimento, R.; Monteiro, A. M. V.; Moura E. G.; Saba C. C. A. N. Tomografia computadorizada na avaliação da distribuição do tecido adiposo abdominal de ratos alimentados com rações hiperlipídicas após desnutrição neonatal. *Radiol Bras* [online]. 2007, vol.40, n.5, pp. 337-340. ISSN 0100-3984.

Dahms, W.T.; Glass, A.R. Correltion of percent body fat with body specific gravity in rats. *J. Nutr.* 1982; 112: 398-400.

Dahms, W. T. & Glass, A. R. Correlation of Percent Body Fat with Body Specific Gravity in Rats. *J. Nutr.* 112: 398-400, 1982.

Dawson, C.; Horvath, S.M. Swimming in small laboratory animals. *Med. Sci. Sports.* 1970; 2: 51-78.

Dubois, B.; Gilles, K. A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.* v.28, p.350-6, 1956.

Eguchi R.; Cheik N. C.; Oyama L. M.; Oller do Nascimento, C. M.; de Mello M. T.; Tufik, S.; Damaso, A. Efeitos do Exercício Crônico Sobre a Concentração Circulante da Leptina e Grelina em Ratos com Obesidade Induzida por Dieta. *Rev Bras Med Esporte* Vol. 14, No 3 – Mai/Jun, 2008.

Feyder, S. (1935) Fat formation from sucrose and glucose. *J. Nutr.* 9, 457-468.

Forsyth, H.L.; Sinning, W.E. The anthropometric estimation of body density and lean body weight of male athletes. *Med. Sci. Sports.* 1973 ;5(3):174-80.

Frisch, R. E.; Hegsted, D. M.; Yoshinaga, K. (1977) Carcass components at first estrus of rats on high-fat and low-fat diets: Body water, protein, and fat. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 74. 379-383.

Gnaedinger, R.H. Estimation of Density of Live Pigs by Air Displacement and Helium Dilution Techniques (Ph.D. thesis). East Lansing: Michigan State Univ., 1962.

Gobatto C .A.; Mello M.A.R.; Souza C.T.; Ribeiro I.A. (2002). Monosodium glutamate obese rat as model for the study of exercise in obesity. *Res. Commun. Mol. Pathol. Pharmacol.* 111: 89-102.

Gobatto, C. A.; Kokubun, E.; Sibuya, C.Y.; Mello M.A.R. Efeitos da desnutrição proteicocalórica e do treinamento físico na produção de acido láctico em ratos machos adultos após teste de cargas progressivas. Resultados preliminares. *Ciência e Cultura.* 1991; 43: 725-726.

Gobatto, C. A.; Sibuya, C. Y.; Azevedo, J. R. M.; Luciano, E.; Kokubun, E.; Mello, M.A.R. Caracterização da intensidade de exercício e do efeito de treinamento

físico no modelo de natação de ratos wistar. Motriz. 2001 jan-jun; vol. 7, nº1: s57-s62.

Gobatto, C.A.; Mello, M.A.R.; Sibuya, C.Y.; Azevedo J.R.M.; Santos L.; Kokubun, E.; Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 2001; parte A 130: 21-27.

Grewal, T.; Schemmel, R.; Cress, C. E.; Mickelsen, O. (1973). Prediction of total body fat in rats from individual fat depot weights. *Growth* 37, 111-126.

Harri, M.; Kuusela, P. Is swimming exercise or cold exposure for rats? *Acta Physiologica. Scandinavica*. 1986; 126: 189-197.

Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/L threshold. *International Journal of Sports Medicine*. 6: 117-130, 1985.

Henry, R. J.; Cannon, D. C.; Winkelman, J. Clinical chemistry, principles and techniques. 2ª ed. New York: Haeper & Row Publishers Inc. p.1288, 1974.

Hix, V.M.; Pearson, A.M.; Reineke, E.P. Specific gravity of human subjects by air displacement and helium dilution. *J. Appl. Physiol*. 19: 955–958, 1964.

Hohl, R.; Oliveira, R.B.; Macedo, D.V.; Brenzikofer, R. Apparatus for measuring rat body volume: a methodological proposition. *J. Appl. Physiol*. 102: 1229–1234, 2007.

Housh, D. J.; Housh, T. J.; Bauge, S. M. A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. V.61, p.406-9, 1990.

Katch, F. I.; Mcardle, W. D. Nutrição, exercício e saúde. 4ª. Ed. Rio de Janeiro. Medsi. 1996.

Kodama, A. M. (1971) In vivo and in vitro determination of body fat and body water in the hamster. *J. Appl. Physiol*. 3J, 218-222.

Kodama, A.M.; Pace, N. A simple decompression method for in vivo body fat in small animals. *J. Appl. Physiol*. 18: 1272–1276, 1963.

Lohman, T.G. Exercise training and body composition in childhood. *Can. J. Sport. Sci*. 1992 Dec; 17(4):284-7.

Lowry, O.H.; Rosebrough, N. J.; Farr, A.L.; Randal, R.J. Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biology Chemistry*. 1951; 193: 265-75.

Lukaski, H. C. et al. Validity of the tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *Journal of Applied Physiology*. 60, 1327-32, 1986.

Manchado, F.B.; Gobatto, C.A.; Contarteze, R.V.L.; Papoti, M.; Mello, M.A.R. Maximal Lactate steady state in running rats. *Jornal of Exercise Physiology Online*. 2005; vol. 8, n 8: 29-35.

Manchado, F.B.; Contarteze, R.V.L.; Gobatto, C.A.; Papoti, M.; Mello, M.A.R. Critical velocity and anaerobic running capacity determination of running rats. *Medicine and Science in Sports and Exercise (suppl)*, v.38. p.516, 2006a.

Manchado, F.B.; Gobatto, C.A.; Voltarelli, F.A.; Mello, M.A.R. Non-exhaustive test for aerobic capacity determination in swimming rats. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, v.31, p.731-736, 2006b.

Mello, M. A. R.; Souza, C. T.; Braga, L. R.; Santos, J. W.; Ribeiro, I. A.; Gobatto, C.A. Glucose Tolerance and Insulin Action in Monosodium Glutamate (MSG) Obese Exercise-trained Rats. *Physiol. Chem. Phys. e Med.* 2001; 33: 63-71.

Monod, H.; Scherrer, J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics*. V. 8, p. 329-37, 1965.

Moritani, T.; Nagata, A.; Devries, H. A.; Muro, M. Crítical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics*. V. 24, n °5, p. 339-350, 1981.

Papoti, M.; Zagatto, A. M.; Mendes, O.C.; Gobatto, C.A. Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*. V. 5, nº 1, p. 7-14, 2005.

Pette D. Training effects on the contractile apparatus. *Acta Physiol Scand*. 1998; 162(3):367-76.

Pillis, W.; Zarzeczny, R.; Langfort, J.; Kaciuba-Uscilko, H.; Nazar, K.; Wojtyna, J. Anaerobic threshold in rats. *Comparative Biochemistry Physiology*. 1993; 106A: 285-289.

Rathbun, E.N.; Pace, N. The body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content. *J. Biol. Chem.* 158: 685–691, 1945.

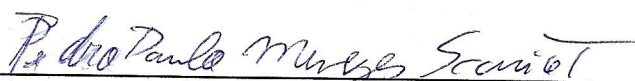
Reggow, B. J. M.; Cornelisse, P. J. H.; Helder, R. A. P.; Spijkers, J. B. F.; Weeber, Y. M. N. Specific determination of free fatty acid in plasma. *Clin. Chim. Acta*. v.31, p.187-95, 1971.

Ribeiro, E. B.; Oller do Nascimento, C. M., Andrade, I. S.; Hirata, A. E.; Dolnikoff, M. S. Hormonal and metabolic adaptations to fasting in monosodium glutamate-obese rats. *J Comp Physiol B* (1997) 167: 430±437.

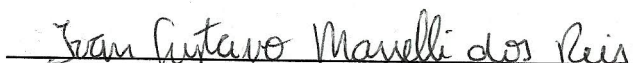
- Rogers, P.; Webb, G.P.** Estimation of body fat in normal and obese mice. *Br. J. Nutr.* 43: 83–86, 1980.
- Román, M. C.; Torres, S. P.; Bellido, M.C.** Bases físicas del análisis de la impedância bioelétrica. *Vox Paediatr.* 1999; 7(2): 139- 43.
- Sene, M.O.; Habitante, C.A.; Oishi, J.C.; Galdino, R.S.; Oyama, L.M.; Perez, S.E.A.; Oleer do Nascimento, C.M. & Damaso, A.R.** Taxa de Lipogênese Pós-Esforço em Ratas Lactantes Exercitadas Cronicamente. *Motriz* Abr - Ago 2002, V.8 n.2, p.57–61.
- Siri, W.E.** Apparatus for measuring human body volume. *Rev. Sci. Instrum.* 27: 729–738, 1955.
- Sjorgreen, B.; Nordenkjold, T.; Holmgren, H.; Wollerstrom, J.** Bertrag zur Kenntnis des leberhythmik. *Pfluegers Archiv fuer die Gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere.* v.240, p. 247, 1958.
- Stone, M. H.; Rush, M.E.; Lipner, H.** Responses to intensive training and methandrostenelone administration. II. Hormonal, organ weights, muscle weights and body composition. *Pfluegers Arch* 375: 147–151, 1978.
- Tegtbur, U.; Busse, M.W.; Braumann, K.M.** Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 1993; 25:620-7.
- Tonon C. R.; Mello M. A. R.; Diaz T. F.; Anaruma C.A.** Teor protéico da dieta e crescimento muscular em ratos submetidos ao treinamento anaeróbio. *Revista Motriz.* 2001; Jul/Dez; vol. 7 n.2: 69-74.
- Voltarelli, F. A.; Gobatto, C. A.; Mello, M.A.R.** Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research.* 2002; 35:1 6.
- Voltarelli, F. A.; Nunes, W. M. S.; Santiago, V.; Pauli, J. R.; Garcia, D. R.; Romero, C.; Silva, A. S.; Mello, M. A. R.** Determinação do Limiar Anaeróbio em Ratas Obesas com Glutamato Monossódico (MSG). *Revista Logos.* 2003; 11: 84-93.
- Walser, M.; Stein, S.N.** Determination of specific gravity of intact animals by helium displacement: comparison with water displacement. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 82: 774–777, 1953.
- Zagatto, A.M.; Papoti, M.; Gobatto, C.A.** Validity of critical frequency test for measuring table tennis aerobic endurance through specific protocol. *J Sports Sci Med.* V.7, p. 461-6, 2008.

Título: Padronização e validação de uma equação para determinação do volume corporal em ratos wistar saudáveis e sedentários com idade entre 60 e 240 dias.

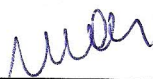
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Biociências da
Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho" campus Rio Claro, como
requisito para obtenção do grau de Bacharel
em Educação Física.



Pedro Paulo Menezes Scariot
(graduando)



Ivan Gustavo Masselli dos Reis
(co-orientador)



Maria Alice Rostom de Mello
(orientador)

Rio Claro, SP 15 de dezembro de 2011