

# ALONGAMENTO: EFEITOS NA DOR MUSCULAR TARDIA E NÍVEIS DE CREATINAQUINASE. ESTUDO DE CASO USANDO-SE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA E REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

## RESUMO

Este estudo procurou examinar as alterações na creatinaquinase combinando massagem, respiração, movimentos balanceados e exercícios de alongamento estático com forte tensionamento. Para tal submeteu um grupo de 17 mulheres a testes laboratoriais para determinação dos níveis de creatinaquinase (CQ) e um questionário para avaliação da dor muscular tardia. Intencionou-se encontrar uma associação entre algumas variáveis (idade, tempo de treino, frequência de treino e nível de CQ) e outras determinadas posteriormente aos exercícios (CQ após 24h, e dor muscular após a sessão de flexibilidade). Foi possível elaborar uma análise quantitativa dos dados obtidos através de dois métodos. No primeiro empregou-se a técnica estatística de regressão linear múltipla, e no segundo o método de inteligência computacional de redes neurais. Este último apresentou os resultados mais favoráveis que a regressão linear múltipla para ajustar-se ao modelo de estudo. Por meio da técnica de regressão linear múltipla observou-se que as variações do nível de CQ 24 horas após os exercícios físicos associaram-se positivamente aos aumentos nas variáveis idade e nível de CQ pré-exercício, mas não foi possível ajustar um modelo linear tendo a sensação de dor após os exercícios como variável dependente.

**Palavras Chave:** Alongamento, Creatinaquinase, Dor muscular tardia; Inteligência artificial, Redes neurais, Regressão linear múltipla.

Abdallah Achour Junior <sup>1</sup>

Paulo Sergio da Silva Borges <sup>2</sup>

Departamento de Ginástica Recreação e Dança- UEL <sup>1</sup>

Núcleo de Cineantropometria e Desempenho Humano-UFSC <sup>1</sup>

Departamento de Informática e de Estatística, UFSC <sup>2</sup>

**STRETCHING:  
EFFECTS IN THE  
DELAYED MUSCLE  
SORENESS AND  
CREATINE KINASE  
LEVEL USING  
MULTIPLE LINEAR  
REGRESSION AND  
NEURAL NETWORKS  
ARTIFICIAL**

## ABSTRACT

The purpose of this paper is the analysis of changes that may occur in the levels of creatineKinase (CK) when massage, breathing, balanced movements and strong static stretching are applied to individuals after an session of flexibility exercise. For the study, seventeen women performed blood analysis and answered a questionnaire as well. The goal was to find out whether the chosen independent variables (age, time of training, frequency of training, CK) could be related to other variables that have been determined after the exercises (CK after 24 h and delayed muscle soreness). The data gathered throughout the experiment was analysed with two distinct methods, namely multiple linear regression (MLR) and the technique of neural networks. The latter showed some advantages over the former regarding the adjustment of the data to a model. Using MLR it was possible to find a model which yielded positive correlation between the independent variables and the levels of CK after 24 h, but no linear association could be determined for the variable muscle pain.

**Key Words:** Stretching, Creatine kinase, Delayed muscle soreness, Artificial intelligence, Neural networks, Multiple linear regression.

## 1. INTRODUÇÃO

A Creatinaquinase (CQ) é uma enzima encontrada no músculo cardíaco, músculo esquelético e cérebro (LINDENA et al., 1979). É uma grande molécula (»80000 daltons) e não entra na corrente sanguínea diretamente. Porém, se ocorrerem danos nos tecidos musculares, a creatinaquinase flui para a linfa via fluido intersticial e entra na corrente sanguínea geral (HORTOBÁGYI & DENAHAN, 1989). Dessa forma, observa-se o aumento da CQ na corrente sanguínea quando as células são danificadas ou quando houver aumento da permeabilidade na membrana celular (LINDENA et al., 1979).

A região de maior rigidez e dor muscular parece ser a unidade músculo-tendínea, justamente no local com maior quantidade de receptores de dor (MILES & CLARKSON, 1994). Além disso, na junção músculo-tendínea as fibras são orientadas mais obliquamente, diminuindo sua capacidade de resistir a tensão, como ocorre na contração excêntrica (WEINECK, 1992). Assume-se que não só os músculos mas também as fâscias se rompem sob esta condição (BIENFAIT, 1993). O alongamento da fâscia pode causar um estreitamento do compartimento cilíndrico aumentando a pressão durante a contração excêntrica (MILES & CLARKSON, 1994).

As linhas z dos sarcômeros rompem-se, desorganizando a estrutura miofibrilar, o que é seguido de inchaço, sensação de dor e evidências de infiltração celular, particularmente dos macrófagos, e aumento das atividades dos lisossomos (WEINECK, 1992).

Usualmente, um moderado aumento da CQ é observado entre 24 a 48 horas, ou mais após a realização de exercícios físicos excêntricos (CLARKSON et al., 1992; McMGLYN et al., 1979; RODENBURG et al., 1994).

Quanto maior a tensão dos músculos envolvidos, maior é o aumento da CQ na corrente sanguínea (NEWHAM et al. 1986 ; CLARKSON 1992). Contudo, o aumento da CQ não é proporcional a intensidade do esforço físico (EBBELING

& CLARKSON 1989).

Exercícios de alongamento estático com tensão de moderada a forte podem romper as estruturas do sarcômero, causando dor muscular e enfraquecimento temporário das fibras musculares (ALTER, 1988; FRIDEN et al., 1986), sustentando a teoria da lesão estrutural resultante da forte extensibilidade muscular.

Por um lado, especula-se que o alongamento estático com baixa tensão muscular pode contribuir na diminuição de alguns mecanismos que repercurtam em dor (deVRIES, 1961). Por outro lado, exercícios de alongamento com forte tensionamento muscular podem ocasionar dor muscular (ALTER, 1988).

FRIDEN et al., (1986) investigaram a resposta da contração excêntrica e da contração concêntrica com a mesma carga em 8 pessoas saudáveis do sexo masculino. Nesse experimento, somente a contração excêntrica causou significativo aumento da pressão intramuscular.

HATFIELD (1985) recomenda alongamento estático antes das atividades físicas e resfriamento e massagem após as atividades físicas para evitar a dor muscular tardia. Enquanto essa recomendação é bem aceita na prática, falta constatação científica para consolidá-la .

RODENBURG et al., (1994) verificaram os efeitos do aquecimento, alongamento e massagem para diminuir os efeitos prejudiciais do exercício físico excêntrico. Esses autores utilizaram a massagem após exercícios de contração excêntrica para verificar se ocorria diminuição dos danos musculares em seguida a este tipo de contração. O resultado foi pouco significativo na redução da dor muscular tardia.

Não encontramos referências bibliográficas que preconizem exercícios de alongamento estático ( 15-30 segundos) com forte tensionamento em pessoas aparentemente saudáveis. Há vasta literatura internacional contra-indicando exercícios de alongamento com forte tensão, devido à susceptibilidade de microlesões (ALTER, 1988; SAXTON & DONELLI, 1995; WEINECK 1992). É funda-

mental obter informações se a massagem, respiração, balanceios pode impedir a dor muscular tardia e a variabilidade na creatinaquinase quando realizados exercícios de alongamento com forte tensionamento.

Alguns dos efeitos isolados da massagem, respiração e movimentos com balanceios são apresentados a seguir.

A massagem tem sido muito indicada para aumentar o fluxo sanguíneo, diminuir o atrito entre as fibras, amenizar o estímulo dos fusos musculares, ocasionar deformação plástica nos tecidos musculares, liberar endorfinas e relaxar as fibras musculares (VUORI & WILMORE, 1994).

Esses efeitos podem diminuir a susceptibilidade a lesões e trazer maiores níveis de amplitude de movimento (GRODIN & CANTU, 1996).

Alguns dos efeitos da massagem pode ser classificado em dois grupos: efeito reflexo e efeito mecânico. Por ação reflexa, o nervo sensorial na pele age para produzir sensação de relaxamento e dilatação dos vasos sanguíneos. O estímulo mecânico consiste em trocas metabólicas e aumento da extensibilidade, incluindo músculo, tendão, pele, ligamento e cápsula articular (CROSMAN et al., 1984).

O uso da respiração diafragmática é conhecido por contribuir para a diminuição da tensão muscular, provendo relaxamento, uma condição imprescindível para desenvolver a flexibilidade (SOUCHARD 1995). A expiração relaxante é um "suspiro" prolongado. A expiração é consciente, favorecendo o relaxamento muscular (BIENFAIT, 1993).

Movimentos balanceados podem ser caracterizados como alcances de amplitudes de movimentos ativos, de maneira lenta e suave que (teoricamente) após iniciado seja conduzido pela força da gravidade. Esses movimentos são normalmente intercalados com as séries de exercícios de alongamento. Acredita-se que tenha influência no relaxamento das fibras musculares (GRODIN & CANTU 1996).

Em geral, as variáveis mencionadas acima são

estudadas isoladamente para a realização de exercícios de alongamento. Por essa razão, não se tem conhecimento de pesquisas que aplicaram exercícios de alongamento com forte tensionamento muscular juntamente com massagem, soltura e respiração para verificar se os níveis de creatinaquinase se modificariam.

O método usado no presente estudo, denominado *alongamento consciente*, foi aplicado pela Prof<sup>a</sup> Koliniak Inélia, G. no Simpósio Fitness Brasil, SP, 1996 e no 20<sup>a</sup> ENAF Poços de Caldas, MG, 1996.

Assim, torna-se importante investigar se a massagem, movimentos balanceados, respiração, e alongamento com forte tensionamento modificariam os níveis de creatinaquinase, que podem ser um dos indicadores de rompimento de fibras musculares.

Os principais propósitos deste estudo são:

a) Realizar uma análise quantitativa dos dados com o intuito de encontrar uma associação entre algumas variáveis observadas a priori na amostra (idade, tempo de treino, frequência de treino e nível de CQ) e outras determinadas depois da conclusão dos exercícios (CQ após 24h, CQ e percepção subjetiva de dor muscular pós exercício).

b) Investigar a aplicação da técnica de inteligência computacional de redes neurais artificiais para previsão e inferência nos problemas e campo de conhecimento da atividade física, comparando esse método com a análise estatística tradicional.

## 2. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

### 2.1 Sujeitos

Participaram deste estudo 17 mulheres saudáveis de 22 a 60 anos de idade, que frequentavam a academia Corpus, em Guarulhos, SP no ano de 1996. Todas elas praticavam exercícios de alongamento uma vez por semana, em períodos de 1 mês a 16 anos. Os detalhes do experimento foram minuciosamente explicados às participantes volun-

tárias, antes de as mesmas consentirem em participar do estudo.

### **2.2 Protocolo de Exercícios**

A sessão de exercícios de alongamento foi ministrada pela Profª Koliniak Inélia, G. As alunas acompanharam as instruções fazendo os seguintes exercícios:

- massagem no pé direito utilizando-se de bolinhas de tênis por 3 minutos;
- massagem com as mãos em ambos os pés por 30 segundos;
- massagem no pé esquerdo usando bolinha de tênis por 3 minutos.
- massagem da musculatura do trapézio durante 6 minutos;
- movimentos balanceados gerais perfazendo 5 minutos e 30 segundos
- respiração diafragmática;
- exercícios de alongamento na perna direita durante 1 minuto e 15 segundos, seguido por mais 1 minuto e 15 segundos com os mesmos exercícios para o membro inferior esquerda;
- exercícios de alongamento da perna esquerda por 60 segundos e dos isquiotibiais direito por 60 segundos com maior tensão de alongamento
- soltura corporal seguida pela massagem de toda a região corporal durante 2 minutos;
- alongamento do tríceps sural direito (segunda série isolada) por mais 25 segundos e o mesmo alongamento para o tríceps sural esquerdo perfazendo o mesmo tempo;
- movimentos balanceados dos isquiotibiais, mais 1 minuto de massagem e finalmente uma série de 30 segundos usando o “step” para apoiar as mãos e realizar a flexão de tronco o que exige também do alongamento dos isquiotibiais; massagem por mais 2 minutos.
- alongamento para o quadríceps esquerdo da posição a fundo durante 25 segundos e para o quadríceps a fundo da perna direita por mais 25 segundos da posição de joelhos com a perna di-

reita à frente;

· massagem para o quadríceps direito e esquerdo durante 12 segundos em cada lado; e mais uma série para o quadríceps direito e esquerdo com maior tensão muscular de alongamento durante 25 segundos em cada um dos membros.

· finalmente, movimentos balanceados da coluna cervical, com massagem por mais 40 segundos.

### **2.3 Instrumentos**

Para melhor controle do tempo dos exercícios realizados, contou-se com dois professores de educação física, sendo que um deles registrou toda a aula com filmagem em vídeo e o outro cronometrou o tempo de alongamento.

### **2.4 Métodos**

A coleta sanguínea foi feita na própria academia, pela equipe do laboratório de análises clínicas SANITAS SP. Retirou-se 5 ml de sangue da veia antecubital imediatamente antes da realização da sessão de flexibilidade repetindo-se a coleta 24 horas após a conclusão dos exercícios. As amostras foram estocadas a 20°C. A creatinaquinase foi usada como um registrador indireto de microlesões, avaliada pelo método cinético-enzimático e analisado pelo próprio laboratório.

As participantes do estudo receberam um questionário antes da administração dos exercícios de alongamento e foram instruídas de como responder se ocorreu dor e a que níveis ela manifestou-se 24 horas após a sessão de alongamento.

Utilizou-se a escala de avaliação subjetiva da dor muscular de (TALAG 1973):

**0:** Ausência completa de dor;

**1:** Ligeira sensação de dor muscular apenas pela palpação;

**2:** Moderada dor muscular e rigidez muscular;

**3:** Ligeira dor muscular quando desce escada;

**4:** Ligeira dor muscular quando caminha em uma superfície plana;

**5:** Moderada dor muscular, rigidez ou fraqueza quando caminha;

**6:** severa dor que limita sua habilidade para mover-se.

### 3. RESULTADOS OBTIDOS

A tabela a seguir mostra um resumo dos dados referentes ao experimento.

Tabela 1 - Dados e resultados do experimento

Indivíduo	Idade (completa)	Tempo de treino (Temp_tr)	Frequência de treino (vezes / semana)	CQ antes Creat_0	CQ após 24h Creat_24	Dor após_24 (índice)
1	49	8 a	1	33	58	0
2	33	3 a	1	76	78	3
3	37	3 m	1	61	72	0
4	48	6 a	1	104	109	0
5	50	15 a	1	48	57	0
6	45	2 m	1	54	45	1
7	35	16 a	1	146	165	4
8	22	16m	1	130	78	1
9	49	2 m	1	68	97	5
10	48	16 a	1	96	97	0
11	39	1.5 m	1	55	51	0
12	38	5 a	1	76	68	4
13	41	1 m	1	67	75	0
14	35	0	1	85	77	0
15	48	10 a	1	50	34	0
16	27	0	1	115	100	0
17	62	8 a	3	80	102	1

### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados foram examinados com o objetivo de verificar se é possível estabelecer uma associação significativamente plausível entre as variáveis *idade*, tempo de treino (*temp\_tr*) e nível de CQ pré-exercícios (*creat\_0*), com o nível de CQ após 24h (*creat\_24*) e dor após os exercícios (*dor\_pos*).

Dois métodos foram empregados para analisar os resultados do experimento: o primeiro utiliza a técnica estatística tradicional da regressão linear múltipla (RLM), e o segundo usa uma *rede neural artificial* (RNA). As RNA's são uma técnica de inteligência computacional que tem diversas aplicações, entre elas o mapeamento de dados de entrada em dados de saída, reconhecimento de padrões, classificação, e aproximação de funções. Em ambos os métodos as variáveis de entrada (independentes) consideradas foram *idade*, *temp\_tr* e *creat\_0*, e as de saída (dependentes) foram *creat\_24* e *dor\_pos*. O indivíduo de ordem 17 foi excluído da análise por ser o único cuja frequência

de treino era de 3 vezes por semana. Portanto, a variável *frequência de treino*, por ter o valor 1 comum a todos, também não fez parte dos modelos.

#### 4.1 Análise estatística com regressão linear múltipla.

Para obtenção do modelo linear  $creat_{24} = f(idade, temp_{tr}, creat_0)$  foi usado o programa *Statgraphics* versão 7.0, com a opção *forward stepwise regression*, onde as variáveis independentes são introduzidas no modelo uma a uma, até que o aumento no coeficiente de determinação  $R^2$  não seja significativo, o que equivale dizer que a inclusão de novas variáveis não contribui para melhorar o ajuste. O sumário das principais informações relativas ao procedimento estão contidas no quadro abaixo, extraído diretamente do programa.

Tabela 2 - Resultados da RLM para a variável *Creat\_24* dependente.

F: entrada do modelo	4.00	saída do modelo	4.00	
$R^2 =$	0.76387			
	ajustado = 0.72755	MSE:	262.761	
1. CREAT. Idade	1.49358		5.6829	
2. CREAT. Temp_tr	0.0605		0.0441	
3. CREAT. Creat_0	1.04468		38951	
CREAT. Creat_24				
Independente	coeficiente	S	t-valor	nível de signif.
Constante	-63.833608	35.26358	-1.8102	0.0934
CREAT.idade	1.493579	0.626531	2.3839	0.0331
CREAT.creat_0	1.044678	0.168157	6.2125	0.0000

Observe-se que a variável *temp\_tr* não fez parte do modelo final automaticamente selecionado pelo programa, já que o valor de sua estatística F ( $F=0.0441$ ) era bastante inferior ao limiar adotado ( $F=4.00$ ) para que uma variável fosse incluída. Pode-se notar que os coeficientes de regressão para *idade* e *creat\_0* são ambos positivos (1.49358 e 1.04468), o que significa que as variações de *creat\_24* estão positivamente associadas a incrementos nessas variáveis independentes. O coeficiente de determinação  $R^2$  encontrado ( $R^2=0.76387$ ) indica que aproximadamente 76% da variância da variável dependente *creat\_24* é atribuível à

variância das variáveis independentes presentes no modelo combinadas. O percentual definido por  $R^2$  é também chamado de proporção da variância explicada. Nos casos em que houver muitas variáveis independentes e poucas observações, o coeficiente  $R^2$  ajustado ( $R^2_{ajust}$ ), dado pela equação 1, é uma estimativa mais conservadora da percentagem da variância explicada pelo modelo (HINKLE et al., 1988).

$$R^2_{ajust} = R^2 - (1 - R^2) \left( \frac{n - 1}{n - k - 1} \right) \quad \text{Eq. 1}$$

onde  $n$  é o número de observações e  $k$  é o número de variáveis independentes presentes no modelo.

Quanto à regressão múltipla que considera a dor muscular tardia *dor\_pos* como variável dependente, não foi possível ao programa ajustar um modelo linear relacionando-a com *idade*, *temp\_tr* e *creat\_0*.

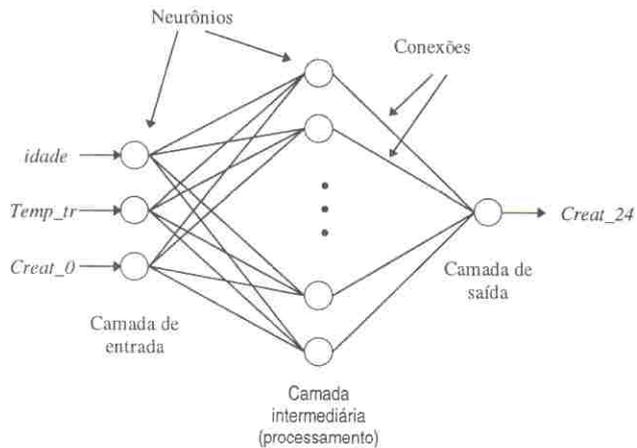
#### 4.2 Análise com redes neurais artificiais

Para realizar esse estudo, empregou-se o software NNmodel versão 1.404 (1996), da empresa Neural Fusion, NY, USA. O objetivo foi o mesmo que o anterior, isto é, investigar a possibilidade de associação entre as variáveis de entrada e saída – mapeamento. Contudo, diferentemente da técnica estatística tradicional de RLM, onde procura-se identificar uma função matemática subjacente aos dados, nas RNA's o mapeamento é implícito, resultando do conexionismo do modelo (KASABOV, 1996). Não obstante a impossibilidade de se encontrar através das RNA's uma função matemática relacionando dados de entrada e saída, essa ferramenta de inteligência computacional vem sendo empregada de forma crescente na solução de problemas onde se dispõe de dados, mas não se conhece sua forma analítica de associação. Uma característica das RNA's é que a restrição de linearidade inerente à modelagem através de RLM's deixa de existir. Como os fenômenos que se pretende modelar são quase sempre não-lineares, sendo portanto a linearização um critério

simplificador, as RNA's geralmente oferecem vantagens nesse particular, possibilitando um ajustamento mais preciso.

Uma rede neural consiste de camadas de neurônios altamente conectados. Às conexões são inicialmente atribuídos pesos aleatórios, que são ajustados ao longo do processo de *treinamento* da rede. Os tipos de camadas são: entrada, saída e processamento. A figura 1 ilustra esquematicamente a arquitetura da RNA utilizada neste trabalho (variável de saída *Creat\_24*), com uma camada de processamento com 10 neurônios. As camadas de processamento, no entanto, podem ser múltiplas.

Figura 1 - Representação esquemática da RNA empregada.



O processo de treinamento da RNA consiste em apresentar à mesma, sequencialmente, conjuntos de dados de entrada e saída, e a partir de um algoritmo matemático, os pesos das conexões vão sendo ajustados até que as diferenças entre as saídas calculadas pela rede e as saídas desejadas situem-se dentro da tolerância escolhida. O algoritmo mais popular para esse procedimento é o de retropropagação.

Os neurônios da(s) camada(s) intermediária(s) processam os estímulos trazidos até eles pelas conexões, somando-os e comprimindo-os no intervalo (-1, +1) através de uma função sigmoideal, após o que transmitem um sinal de saída.

da às conexões que levam à camada seguinte, que pode ser de reforço ou inibição (KOSKO 1991). Um outro ponto positivo característico das redes neurais refere-se à escolha das variáveis de entrada ou independentes, que é desnecessária. Pode-se incluir no modelo todas as variáveis desejadas, e a rede irá automaticamente atribuir a cada uma delas a relevância devida, através do ajuste dos pesos nas conexões que partem do respectivo neurônio de entrada. Um detalhamento mais formal dos fundamentos matemáticos das RNA's foge ao escopo deste trabalho.

O resumo estatístico dos resultados obtidos pelas duas RNA's após 10000 ciclos de treinamento com o algoritmo de retropropagação foram os seguintes:

Examinando-se os dados contidos nas tabelas 3 e 4, verifica-se que para a variável creat\_24 o coeficiente de determinação foi  $R^2$  0.885666, superior ao obtido pela RML e indi-

cando portanto um melhor poder explicativo de modelo. O mesmo coeficiente alcançou 0,982041 para a variável dor\_pos, que a RML não foi capaz de modelar.

Dada a inexistência de uma função analítica associando entradas e saídas, a previsão utilizando-se um RNA implica na disponibilidade do modelo treinado e do programa computacional.

As previsões são feitas informando-se à rede neural os valores desejados das variáveis independentes, a qual responde fornecendo o valor estimado da variável ou variáveis independentes. É importante notar que a camada de saída pode ter vários neurônios, um para cada variável a ser estimada, e a previsão é feita simultaneamente para todas elas.

Os gráficos tridimensionais nas figuras 2 e 3 ilustram a não-linearidade dos modelos obtidos pelas RNA's.

**TABELA 3:** Sumário dos resultados obtidos com a RNA para a variável creat\_24.

VARIÁVEL	MÉDIA	S	MIN.	MAX.	SOMAT. <sup>2</sup>
Idade	40.2	8.5	22	50	1084.9
Temp_tr	5.0	6.1	---	16	560.3
Creat_0	79.0	31.6	33	146	1506.0
<b>CREAT_24</b>					
Mensurada	78.8	31.0	34.0	165.0	14466.4
Prevista	77.6	29.3	44.2	163.0	12950.8
Residual	1.1	10.5	-17.9	16.0	1654.0
<b>R<sup>2</sup> 0.885666</b>					

**TABELA 4:** Sumário dos resultados obtidos com a RNA para a variável Dor\_pos.

VARIÁVEL	MÉDIA	S	MIN.	MAX.	SOMAT. <sup>2</sup>
Idade	40.2	8.5	22.0	50.0	1084.9
Temp_tr	5.0	6.1	--	16.0	560.3
Creat_0	79.0	31.6	33.0	146.0	15062.0
<b>DORP</b>					
Mensurada	1.1	1.7	--	5.0	47.7
Prevista	1.0	1.7	-0.3	4.6	47.4
Residual	0.02	0.2	-0.3	0.3	0.8
<b>R<sup>2</sup> 0.982041</b>					

FIGURA 2 - Gráfico de creat\_24 em função de idade, creat\_0, com temp\_tr fixo.

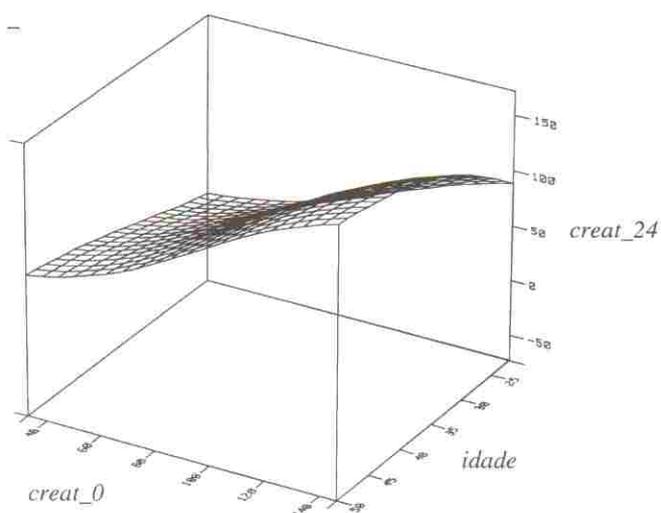
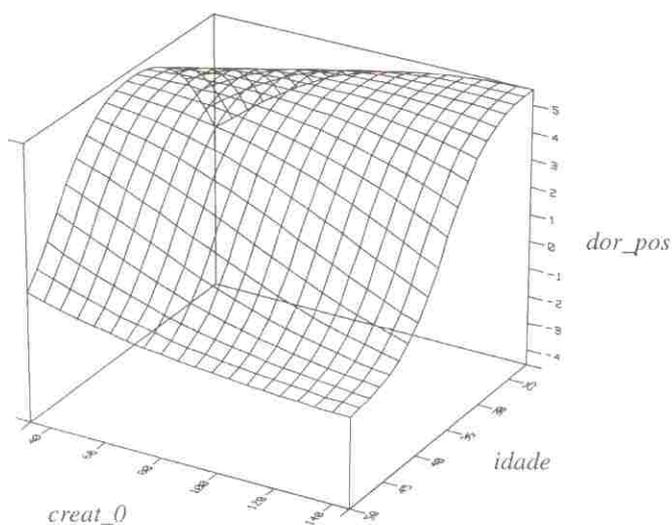


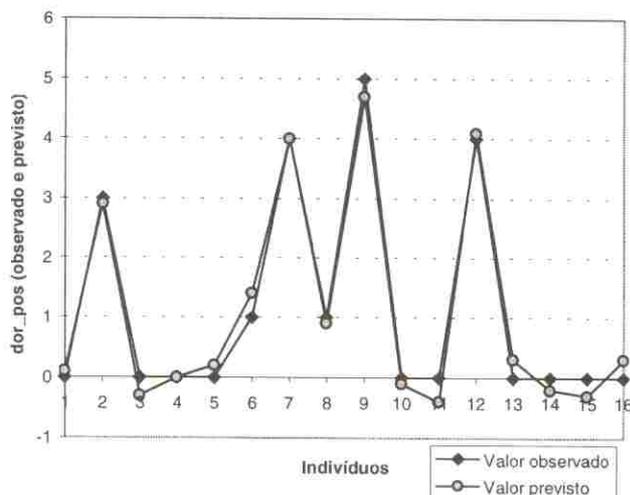
FIGURA 3 - Gráfico de dor\_pos em função de idade, creat\_0, com temp\_tr fixo.



Conforme demonstrado pelos dados numéricos contidos no respectivo quadro-resumo de resultados, a rede neural foi extremamente bem-sucedida na previsão da percepção da dor muscular tardia *dor\_pos*.

A figura 4 ilustra a qualidade do ajustamento conseguido pela RNA para a amostra considerada.

FIGURA 4 - Dor muscular tardia (*dor\_pos*) - valores observados e previstos pela RNA



### 4.3 Comparação entre as análises efetuadas: RLM versus RNA

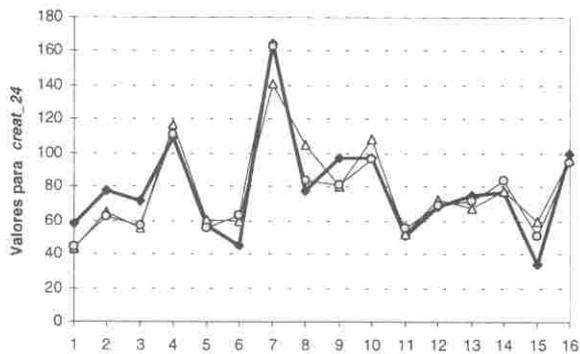
TABELA 5 - valores previstos e resíduos para as previsões com RLM e RNA para a variável *creat\_24*.

Indivíduo	Valor Observado	Regressão Linear Múltipla (RLM)		Rede Neural Artificial (RNA)	
		Valor Previsto	Resíduo	Valor Previsto	Resíduo
1	58	43.8	14.2	44.2	13.8
2	78	64.9	13.1	61.9	16.1
3	72	55.2	16.8	57.2	14.8
4	109	116.5	-7.5	111.3	-2.3
5	57	61.0	-4.0	55.8	1.2
6	45	59.8	-14.8	62.9	-17.9
7	165	141.0	25.0	163	2
8	78	104.8	-26.8	83.6	-5.6
9	97	80.4	16.6	81	16
10	97	108.1	-11.1	96.6	0.4
11	51	51.9	-0.9	55.4	-4.4
12	68	72.3	-4.3	68.7	-0.7
13	75	67.4	7.6	71.3	3.7
14	77	77.2	-0.2	83.4	-6.4
15	34	60.1	-26.1	50.9	-16.9
16	100	96.6	3.4	94.6	5.4

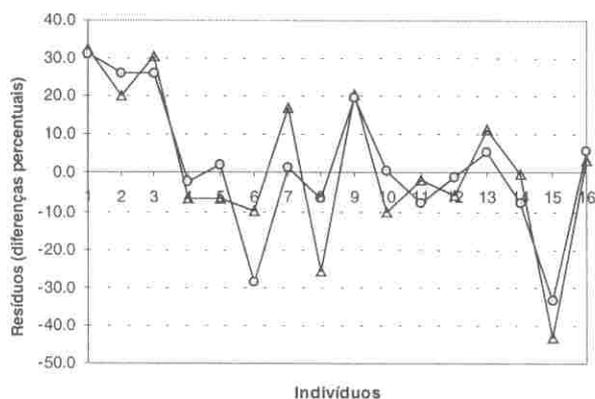
Tendo em vista que a variável *dor\_pos* não foi modelada pela técnica estatística de regressão linear múltipla, a comparação entre os resultados extraídos da aplicação dos métodos RLM e RNA atém-se à variável *creat\_24*.

Os resíduos absolutos médios para as 16 observações computadas foram 11.973 e 7.975, respectivamente para os métodos RLM e RNA, o que confirma a superioridade da última técnica na modelagem dos dados. Os gráficos ilustram as diferenças entre os dois métodos usados.

**FIGURA 5 - Valores observados e previstos para a variável creat\_24**



**FIGURA 6 - Resíduos (%) observados nos métodos RLM e RNA para a variável creat\_24**



## CONCLUSÕES

As principais conclusões deste estudo são destacadas:

Os coeficientes de regressão para a idade e creat\_0 foram positivos demonstrando que houve variações da creat\_24 com o aumento dessas variáveis independentes.

O coeficiente de determinação  $R^2$  indicou que aproximadamente 76% da variância da creat\_24 é

atribuível à idade e creat\_0 presentes combinando essas duas variáveis.

Para este modelo de estudo a RNA foi superior comparado com a RLM pois, a RNA encontrou um coeficiente de determinação de 0,8885666, enquanto a RLM alcançou  $R^2$  0,76387 para a variável creat\_24.

Para a dor\_pos a RNA alcançou um coeficiente  $R^2$  0,982.41. Já a regressão linear múltipla não se ajustou a um modelo linear relacionando aquelas mesmas variáveis creat\_0 e a idade.

Este estudo (caso) não contou com um grupo de controle, o que prejudica a análise dos efeitos que a massagem, alongamento e respiração tenham tido no nível da creatinaquinase e dor muscular após os exercícios. Além disso teria sido interessante ter um controle da intensidade e do volume do esforço físico nas tarefas diárias, devido às chances consideráveis de estas ocasionarem variações da creatinaquinase, apesar de ter sido sugerido aos indivíduos participantes não fazerem atividades físicas pesadas ou realizarem exercícios físicos nos dias do experimento.

Outra sugestão para estudos futuros é que as séries de massagem, balanceios, respiração e exercícios de alongamento sejam realizadas num determinado grupo muscular, e não de maneira geral, como foi feito neste estudo. Dessa forma, ter-se-ia um melhor controle do tempo em permanência de cada tipo de exercício e os intervalos de tempo entre um exercício e outro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAM, W. M. Factors in delayed muscle soreness. *Medicine and Science in Sport*. v.9, n.1, p.11-20, 1977.
- ALTER, M. J. *Science of Stretching*. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois, 1988.
- BIENFAIT, M. *Os Desequilíbrios Estáticos*. 2 ed. summus editorial. São Paulo, 1993

- CLARKSON, P. M. et al. muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.24, n.5, p.512-520, 1992.
- CLARKSON, P. M. & EBELING, C. Investigation of serum creatine kinase variability after muscle damaging exercise. **Clinic Science**. v.75, p.257-261, 1988.
- CROSMAN, L. J. et al. The effect of massage to the hamstring muscle group on range motion. **JOSPT**. p.168-1723, 1984
- DE VRIES, H.A. Prevention of muscular distress after exercise. **Research Quarterly**. v.32, p.177-185, 1961.
- EBBELING, C. B. & CLARKSON, P. M. Exercise-induced muscle damage and adaptation. **Sports Medicine**. v.74, n.4, p.207-234, 1989.
- FRIDEN, J. et al. Muscle soreness and intramuscular fluid pressure: comparison between eccentric and concentric load. **Journal Applied Physiology**. v.61, n.6, p.2175-2179, 1986.
- GRODIN, A. J. & CANTU, R. I. **Soft Tissue Mobilization** In: BASMAJIAN, J.V. & NYBERG, R. Rational Manual Therapies, 1994.
- HATFIELD, F. C. There are not sore muscles: if your are afters working out, here's what you can do. **Sports Fitness**. v.1, n.18, p.38-43, 1985.
- HIGH, D. M. et al. The effect of static stretching and warm-up on prevention of delayed-onset muscle soreness. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. v.60, n.4, p.357-361, 1989.
- HINKLE, D. E. et al. **Applied Statistics for the behavioral Sciences**. Houghton Mifflin Company, Boston, USA, 2ª ed., p. 460-477, 1988.
- HORTOBÁGYI, T. & DENAHAN, B. B. Variability in creatine quinase: methodological, exercise, and clinically related factors. **International Journal Sports Medicine**. V.10, P.69-80, 1989.
- LINDENA, J. et al. Lymphatic tranport of cellular enzymes from muscle into the intravascular compartment. **Enzyme**. v.24, p.120-131, 1979
- KASABOV, N. K. **Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems and Knowledge Engineering**. MIT Press, USA, p. 251-267, 331-340, 1996.
- KOSKO, B. **Neural Networks and Fuzzy Systems**. Prentice Hall, NJ, USA, p. 39-50, 1991.
- MILES, M. P. & CLARKSON, P. M. Exercise-induced muscle pain, soreness, and cramps. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v.34, n.3, p.203-216, 1994.
- NEWHAM, D. J. et al. Plasma creatine Kinase changes after eccentric and concentric contractions. **Muscle & Nerve**. v.9, p.59-63, 1986.
- RODENBURG, J. B. et al. Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. **International Journal Sports Medicine**. v.15, p. 414-419, 1994.
- TALAG, T. S. Residual muscular soreness as influenced by concentric, eccentric, and static contraction. **Research Quarterly**. v.44, p.458-469, 1973.
- SAXTON, J. M. & DONNELLY, A. E. Light concentric exercise during recovery from exercise-induced muscle damage. **International Journal Sports Medicine**. v.16, p.347-351, 1995.
- SCHWANE, J. A. et al. Delayed onset muscular soreness and plasma CPK and LDH activities after downhill running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.15, n.1, p.51-56, 1983.
- SMITH, L. L. The effects of static and ballistic stretching on delayed onset muscle soreness and creatine kinase. **Research Quarterly Exercise and Sport**. v.4, n.1, p.103-107, 1993.
- SOUCHARD, E. O. **O Stretching Global Ativo**. Manole Ltda, São Paulo, 1995
- VUORI, I. & WILMORE, J. H. Adjuvant to Physical activity: do they help in any way? IN: BOUCHARD et al., **Physical Activity, Fitness and Health. International proceedings and consensus statement's**. Champaign Illinois, Human Kinetics Publishers, 1994.

---

**ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA**  
Londrina PR CEP 86100-001  
Cx. Postal 642