



**Universidade de Brasília
Departamento de Estatística**

**Avaliação do desempenho de um programa de educação nutricional via Análise
de Covariância**

Patricia Akemi da Silva

Monografia apresentada para obtenção do título de Bacharela em Estatística.

**Brasília
2016**

Patricia Akemi da Silva
Bacharela em Estatística

**Avaliação do desempenho de um programa de educação nutricional via Análise
de Covariância**

Orientador:
Prof. Dr. **EDUARDO YOSHIO NAKANO**

Monografia apresentada para obtenção do título de Bacharela em Estatística.

Brasília
2016

DEDICATÓRIA

*Aos meus amados pais,
Cássio e Cinthia, por ficarem preocupados com meu
sono quando a madrugada estava bem atrativa para os
estudos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, meu pai Cássio, minha mãe Cíntia e meus irmãos Juliana e Caio. Chegar ao final do curso não foi fácil, sem o suporte deles eu não teria chegado nem na metade.

Aos professores do departamento, em especial meu orientador, que durante minha trajetória sempre deram suporte às minhas dúvidas.

Ao pessoal da secretaria que sempre estavam disponíveis para nos ajudar com as papeladas e burocracias.

Ao pessoal da limpeza e da segurança que sempre foram simpáticos e nos incentivavam a estudar.

SUMÁRIO

RESUMO	9
1 INTRODUÇÃO	11
2 METODOLOGIA	13
2.1 ANCOVA de um fator	13
2.1.1 Modelo Geral	13
2.1.2 Modelo de um fator e uma covariável	13
2.1.3 Suposições	15
3 APLICAÇÃO	17
3.1 Descrição do Problema	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1 Análise Descritiva	19
4.2 Análise de Covariância	21
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	29
ANEXOS	31

RESUMO

Avaliação do desempenho de um programa de educação nutricional via Análise de Covariância

Este projeto desmembra a Análise de Covariância (ANCOVA) especificando as somas de quadrados, testes de hipóteses utilizados e a análise de diagnóstico. A ANCOVA é aplicada em um questionário de um Programa de Educação Nutricional (PEN), no qual o objetivo foi comparar a efetividade entre dois grupos de treinamento (curso e palestra) e verificar se houve interferência de alguma covariável. Um questionário de conhecimento nutricional foi aplicado em dois momentos (antes e depois do treinamento). O escore do questionário antes do PEN, o sexo e a idade foram utilizadas como covariáveis, embora no resultado final a única covariável que mostrou-se significativa na análise foi o escore antes do PEN.

Palavras-chave: ANCOVA; conhecimento nutricional; Programa de Educação Nutricional; questionário em nutrição

1 INTRODUÇÃO

A Análise de Covariância (ANCOVA) é muitas vezes descrita como uma combinação das técnicas Análise de Variância (ANOVA) e Análise de Regressão (MONTGOMERY, 2012). A utilização da ANCOVA se faz necessária quando há a comparação entre dois ou mais grupos e existem variáveis quantitativas não controladas no experimento que podem afetar a resposta de interesse. Essas variáveis são conhecidas como covariáveis ou variáveis concomitantes, podendo ser incluídas no modelo como variáveis independentes ou explicativas. A motivação principal para o uso da ANCOVA envolve a redução da variância do erro devido a variáveis não controladas no experimento. Em muitas situações, esse controle no experimento não é viável, visto que o seu total controle poderia criar um delineamento complexo e de difícil manejo. Nestas situações, pode ser feito o ajuste de variáveis explicativas através de uma ANCOVA, em que a variável resposta é ajustada antes de se comparar as médias dos grupos. O presente trabalho visa um estudo de revisão da ANCOVA, detalhando-se suas aplicações e restrições, e ainda, sua aplicação em um conjunto de dados reais, sobre a avaliação de desempenho de um programa de educação nutricional.

Como exemplo de aplicação foram utilizados dados de um estudo sobre o conhecimento alimentar de trabalhadores (Guadagnin, 2016). Esse estudo teve por objetivo a avaliação do desempenho de um Programa de Educação Nutricional (PEN), que visa aprimorar o conhecimento nutricional de trabalhadores. Os trabalhadores foram divididos em dois grupos. Um grupo participou de palestras e o outro, de um curso. O conhecimento nutricional foi medido através de um Questionário de Conhecimento em Nutrição (QCN), o qual foi preenchido antes e depois do curso ou palestra. O conhecimento nutricional ao final do PEN foi comparado entre os dois grupos (Curso e Palestra) através de uma ANCOVA considerando-se como covariável o escore do QCN obtido antes do PEN, a idade e o sexo.

As suposições do modelo foram verificadas através de análise de diagnósticos e todas as análises estatística foram realizadas utilizando-se o software livre R (R Core Team, 2015).

2 METODOLOGIA

2.1 ANCOVA de um fator

2.1.1 Modelo Geral

O modelo geral da ANCOVA pode ser descrito pela equação:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \sum_{q=1}^p \beta_q x_{ijq} + \epsilon_{ij}, \quad (1)$$

em que y_{ij} é o valor da variável resposta do j -ésimo indivíduo do i -ésimo grupo, para $i=1,2,\dots,k$ e $j=1,2,\dots,n_i$; μ é a média geral; α_i é o efeito do grupo i ; x_{ijq} é o valor da covariável do j -ésimo indivíduo do i -ésimo grupo; β_q é o coeficiente da q -ésima covariável, $q=1,2,\dots,p$, e ϵ_{ij} é o erro aleatório não observável no modelo.

Tal modelo também pode ser escrito na forma matricial como a seguir:

$$y = Z\alpha + X\beta + \epsilon, \quad (2)$$

tal que,

$$y = \begin{bmatrix} y_{11} \\ \vdots \\ y_{1n_1} \\ y_{21} \\ \vdots \\ y_{kn_k} \end{bmatrix}, \quad Z = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad \alpha = \begin{bmatrix} \mu \\ \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_k \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} x_{111} & x_{112} & \dots & x_{11p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{1n_11} & x_{1n_12} & \dots & x_{1n_1p} \\ x_{211} & x_{212} & \dots & x_{21p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{kn_k1} & x_{kn_k2} & \dots & x_{kn_kp} \end{bmatrix} \quad e \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix}.$$

2.1.2 Modelo de um fator e uma covariável

O modelo com uma covariável e um fator é descrito como:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta x_{ij} + \epsilon_{ij}, \quad (3)$$

sendo y_{ij} o valor da resposta do j -ésimo indivíduo do i -ésimo grupo, para $i=1,2,\dots,k$ e $j=1,2,\dots,n_i$; μ é a média geral; α_i é o efeito do grupo i ; x_{ij} é o valor da covariável do j -ésimo indivíduo do i -ésimo grupo; β é o coeficiente da covariável e ϵ_{ij} é o erro aleatório não observável no modelo.

A média ajustada do grupo i para $i=1,2,\dots,k$ é dado pela seguinte equação:

$$\hat{y}_i = \bar{y}_i - \hat{\beta}(\bar{x}_i - \bar{x}_{..}), \quad (4)$$

em que $\bar{y}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}$, $\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$, $\bar{x}_{..} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$, com $N = \sum_{i=1}^k n_i$. O coeficiente angular da covariável, β , pode ser estimado por:

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)(y_{ij} - \bar{y}_i)}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}. \quad (5)$$

A seguinte hipótese nula é necessária para se testar a igualdade dos fatores (grupos):

$$H_{01} : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_k = \alpha. \quad (6)$$

Para isso usa-se o conceito da diferença entre o modelo completo e o modelo reduzido, representados respectivamente por $y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta x_{ij} + \epsilon_{ij}$ e por $y_{ij} = \mu + \alpha + \beta x_{ij} + \epsilon_{ij}$. Testa-se, então, se a diferença entre a soma de quadrados dos resíduos para esses dois modelos é significativa através da estatística F_1 abaixo,

$$F_1 = \frac{SQ(\alpha|\mu, \beta)/(k-1)}{SQRes_{y,x}/(N-k-1)} \sim F_{(k-1, N-k-1)}, \quad (7)$$

que segue uma distribuição de Fisher-Snedecor com $(k-1)$ e $(N-k-1)$ graus de liberdade. Aqui, $N = \sum_{i=1}^k n_i$ e

$$SQ(\alpha|\mu, \beta) = SQ(\mu, \alpha, \beta) - SQ(\mu, \beta) = SQRes_{red} - SQRes_{y,x} \quad (8)$$

com a soma de quadrado dos resíduos para o modelo reduzido ($SQRes_{red}$)

$$SQRes_{red} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 - \frac{[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_{..})(y_{ij} - \bar{y}_{..})]^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_{..})^2} \quad (9)$$

e a soma de quadrado dos resíduos para o modelo completo ($SQRes_{y,x}$)

$$SQRes_{y,x} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 - \frac{[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)(y_{ij} - \bar{y}_i)]^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad (10)$$

em que $\bar{y}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}$, $\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$, $\bar{x}_{..} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$.

Assim, o valor p (nível descritivo) do teste da hipótese H_{01} é dado por

$$\text{valor p} = P(F_{(k-1, N-k-1)} > F_1). \quad (11)$$

A hipótese nula H_{01} (6) é rejeitada se o valor p for menor do que o nível de significância estabelecido.

Na ANCOVA testa-se, também, o efeito da covariável, β , pela hipótese:

$$H_{02} : \beta = 0. \quad (12)$$

A estatística do teste é dada por

$$F_2 = \frac{SQCov}{SQRes_{y,x}/(N - k - 1)} \sim F_{(1;N-k-1)} \quad (13)$$

que segue uma distribuição Fisher-Snedecor com 1 e $(N - k - 1)$ graus de liberdade. Aqui $N = \sum_{i=1}^k n_i$, $\bar{y}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}$, $\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$, $SQRes_{y,x}$ é dado pela equação (10) e pela soma de quadrado da covariável (SQCov),

$$SQCov = \frac{[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)(y_{ij} - \bar{y}_i)]^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}. \quad (14)$$

Assim, o valor p (nível descritivo) do teste de hipótese H_{02} é dado por:

$$\text{valor p} = P(F_{(1;N-k-1)} > F_2). \quad (15)$$

A hipótese H_{02} é rejeitada se o valor p dado pela Equação (15) for menor que o nível de significância estabelecido.

2.1.3 Suposições

Para que os testes de hipótese descritos pelas hipóteses nulas (6) e (12) sejam válidos, as seguintes suposições devem ser satisfeitas:

- I. Os erros do modelo (ϵ_{ij}) são independentes e normalmente distribuídos;
- II. As variâncias dos grupos são homogêneas;
- III. A variável resposta e a covariável são linearmente relacionadas;
- IV. A relação linear entre a variável resposta e a covariável é a mesma para cada grupo (homogeneidade dos coeficientes angulares).

As suposições (I) e (II) podem ser avaliadas através das técnicas de diagnóstico de resíduos de um modelo de regressão linear (NETER, 1996).

A suposição (III) é avaliada pelo teste do coeficiente angular da covariável (Hipótese nula H_{02} , Equação 12). Caso a hipótese H_{02} não seja rejeitada, a ANCOVA não é necessária, sendo possível realizar uma simples ANOVA.

As hipóteses H_{01} e H_{02} assumem o mesmo coeficiente angular para todos os k grupos. Para checar essa suposição de homogeneidade (suposição IV), é testada a hipótese de que os coeficientes são iguais em todos os grupos, isto é:

$$H_{03} : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k \quad (16)$$

de um modelo completo que permite coeficientes angulares diferentes para os diferentes grupos. Esse modelo completo pode ser escrito como:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_i x_{ij} + \epsilon_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad j = 1, 2, \dots, n_i, \quad (17)$$

em que y_{ij} é o valor da resposta do j -ésimo indivíduo do i -ésimo nível do fator, $i=1,2,\dots,k$ e $j=1,2,\dots,n_i$; μ é a média geral; α_i é o efeito do i -ésimo nível do fator; x_{ij} é o valor da covariável do j -ésimo indivíduo do i -ésimo nível do fator; β_i é o coeficiente da covariável no grupo i e ϵ_{ij} é o erro aleatório não observável no modelo. Note que o modelo (17) é, na realidade, o modelo (3) com interação do fator com a covariável.

Para se testar a hipótese H_{03} compara-se o modelo reduzido $y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta x_{ij} + \epsilon_{ij}$, no qual os coeficientes não tem diferença, e o modelo completo $y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_i x_{ij} + \epsilon_{ij}$. A estatística de teste utilizada é dada por:

$$F_3 = \frac{\left| \sum_{i=1}^k \frac{[\sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)(y_{ij} - \bar{y}_i)]^2}{\sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} - \frac{[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)(y_{ij} - \bar{y}_i)]^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \right| / (k-1)}{SQRes(completo)_{y,x} / (N-2k)} \sim F_{(k-1; N-2k)}, \quad (18)$$

que segue uma distribuição Fisher-Snedecor com $(k-1)$ e $(N-2k)$ graus de liberdade, em que $N = \sum_{i=1}^k n_i$, $\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$, $\bar{y}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}$ e $SQRes(completo)_{y,x}$ é dada por (10).

Assim, o valor p (nível descritivo) do teste de hipóteses H_{03} é dado por

$$\text{valor p} = P(F_{(k-1; N-2k)} > F_3). \quad (19)$$

A hipótese H_{03} é rejeitada se o valor p (Equação 19) for menor que o nível de significância estabelecido.

3 APLICAÇÃO

3.1 Descrição do Problema

O Programa de Educação Nutricional (PEN) envolveu trabalhadores de seis diferentes locais de trabalho com o intuito de mensurar o conhecimento sobre assuntos relacionados a alimentação. O instrumento de medida utilizado neste programa foi o Questionário de Conhecimento em Nutrição (QCN) proposto por Guadagnin et al (2016), no qual foi aplicado aos participantes no começo e ao final do programa a fim de acompanhar o ganho de conhecimento nutricional.

Uma primeira versão do questionário continha 41 itens distribuídos em 20 questões, que foram aplicados em dois grupos pilotos com conhecimentos nutricionais distintos, denominados: grupo Especialista, com 88 indivíduos e grupo Leigo, com 48 indivíduos. Inicialmente uma análise fatorial exploratória foi aplicada nas respostas desses 41 itens, gerando 5 construtos alimentares. No entanto, um dos domínios não discriminou os grupos Especialista e Leigos. Isso ocorreu porque em ambos grupos, a taxa de acerto das questões desse domínio ultrapassou os 90% (isto é, o domínio continha questões que as pessoas respondiam corretamente independente do seu grau de conhecimento em nutrição). A análise fatorial exploratória foi realizada mais uma vez com os itens remanescentes. Essa análise resultou em 23 itens (distribuídos em 9 questões) com cargas fatoriais maiores que 0,3, compondo o questionário final. Esses 23 itens foram agrupados em 4 domínios, denominados: Alimentação Saudável, Gorduras Trans, Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) e Sódio (Figura 1). As questões e os itens do QCN são apresentadas no Apêndice A deste trabalho. Foram considerados pesos iguais para todos os itens do QCN no cálculo dos escores dos domínios nutricionais e do conhecimento nutricional geral. Os escores representam a proporção de itens respondidos corretamente.

Foi realizada uma divulgação a partir de pôsteres e e-mails convidando os trabalhadores a participar do estudo. Os seis locais participantes foram aleatoriamente direcionados para um curso com 9 horas de duração ou duas palestras com 2 horas de duração cada. Das pessoas que se mostraram interessadas em participar, foram selecionadas as que tinham o IMC maior que $25\text{kg}/\text{m}^2$, que completaram o ensino médio e que faziam pelo menos três refeições ao dia. As pessoas que estavam em dieta sob medicação ou em tratamento que afeta

a perda de peso foram excluídas do estudo.

Trezentos e oitenta e três trabalhadores se disponibilizaram a participar do estudo. Após verificados os critérios de exclusão citados acima restaram 240 pessoas. Ao todo, 127 foram designadas a participar do Curso e 113 a participar da Palestra. Contudo, apenas 94 pessoas que participaram do curso e 71 que participaram da palestra responderam o Questionário de Conhecimento em Nutrição (QCN).

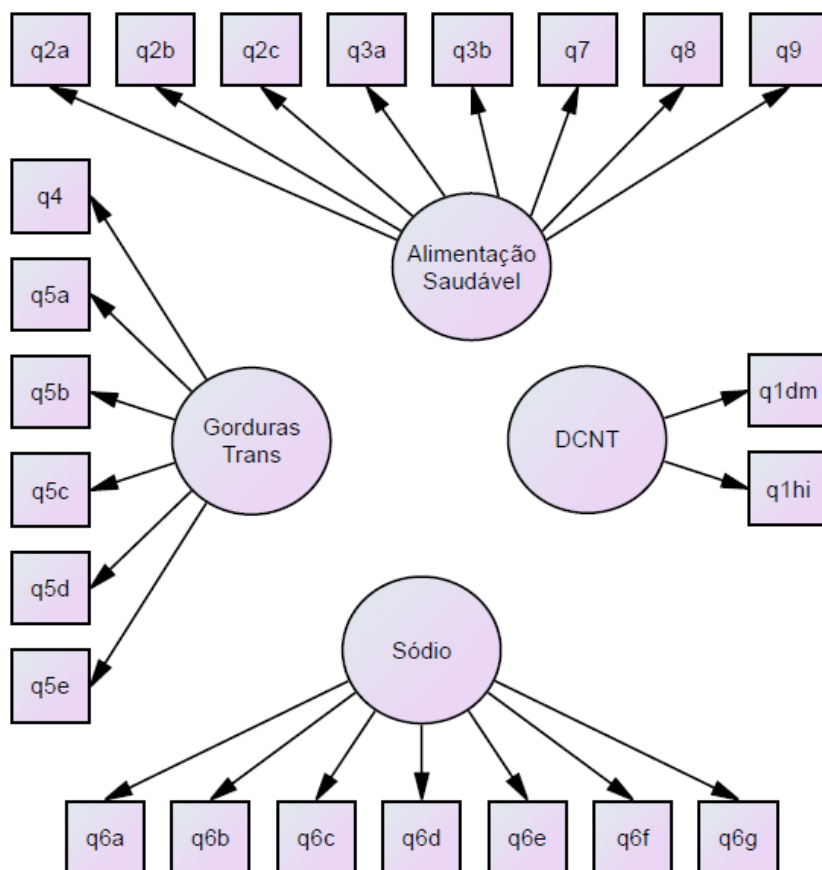


Figura 1 – Construtos do Questionário de Conhecimento em Nutricional. Fonte: Guadagnin et al (2016)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise Descritiva

Algumas estatísticas descritivas foram relatadas para conhecimento geral do comportamento dos dados a respeito da idade e do sexo dos trabalhadores participantes do estudo. Na Tabela 1, tem-se a distribuição da idade e do sexo segundo os grupos curso e palestra.

Tabela 1 – Distribuição por sexo e idade segundo os grupos

Covariáveis		Curso (n = 94)	Palestra (n = 71)	Total (n = 165)
Sexo	Mulheres	67	37	104
	Homens	27	34	61
Média de Idade em anos (desvio padrão)		43 (10)	38 (10)	41

É importante saber se a proporção de homens e mulheres é equivalente dentro de cada grupo. Para isso foi elaborado um teste de Qui-Quadrado para testar a seguinte hipótese nula:

$$H_0: \text{Não há associação entre as variáveis sexo e grupo}$$

Considerando um nível de significância de 5%, a hipótese nula H_0 foi rejeitada com o valor p igual a 0,018. Isto é, há evidências de que ambas as variáveis estejam relacionadas.

É interessante saber, também, se os dois grupos tem a mesma distribuição de idades. Assim sendo, o teste t não pareado foi realizado para comparar a média de idade entre os grupos. Foi testada a hipótese nula:

$$H_0: \text{As médias de idade do grupo curso e palestra são iguais}$$

Obteve-se um valor p de 0,0033, foi rejeitada a hipótese de que a idade dos participantes dos grupos curso e palestra são iguais, dado um nível de significância de 5%.

O escore obtido antes do PEN é a principal covariável considerada desse modelo. A Tabela 2 apresenta as médias e desvios-padrão dos escores do QCN (antes e após

o PEN) para os grupos Curso e Palestra.

Tabela 2 – Médias e desvios-padrão dos escores do QCN para os grupos Curso e Palestra.

Construtos	Curso (n=94)		Palestra (n=71)	
	Antes do PEN	Após o PEN	Antes do PEN	Após o PEN
	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)
Alimentação Saudável	0,380 (0,214)	0,580 (0,205)	0,433 (0,189)	0,551 (0,190)
Sódio	0,628 (0,290)	0,783 (0,262)	0,718 (0,244)	0,793 (0,221)
DCNT	0,612 (0,416)	0,718 (0,348)	0,613 (0,416)	0,606 (0,387)
Gordura Trans	0,537 (0,325)	0,747 (0,258)	0,617 (0,324)	0,735 (0,271)
Questionário Total	0,517 (0,187)	0,697 (0,167)	0,584 (0,171)	0,677 (0,155)

A comparação do escore médio antes do PEN entre os grupos curso e palestra foram realizadas através de um teste t não pareado e seus resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores p de comparações dos escore antes do PEN entre os grupos curso e palestra

Construto	Valor p
Alim. Saudável	0,090
Sódio	0,031
DCNT	0,988
Gordura Trans	0,118
Quest. Total	0,018

Com exceção ao DCNT, os escores antes do PEN diferiram entre os grupos Curso e Palestra ($p < 0,15$). Assim, o escore antes do PEN é uma covariável que pode influenciar a comparação do conhecimento nutricional (após o PEN) entre os grupos, o que faz sentido, também, colocá-la na análise como possível fator de controle. Apesar dos grupos serem homogêneos quanto ao escore antes do PEN no construto DCNT, seu escore inicial foi considerada como covariável de controle. Essa decisão foi tomada para manter o mesmo padrão de análise dos demais construtos e do questionário total.

Com esses resultados, tem-se que os grupos tem as médias diferentes com relação às variáveis escore antes do PEN, sexo e a média de idade. Tais covariáveis podem influenciar o resultado na comparação entre os grupos, então elas foram colocadas na análise como possíveis fatores de controle. Caso os grupos fossem homogêneos com relação a essas covariáveis, as mesmas não precisariam ser consideradas no modelo, pois seria pouco provável

que interferissem nos resultados de comparação de grupos.

4.2 Análise de Covariância

Foi realizada uma ANCOVA considerando o escore antes do PEN, idade e sexo como covariáveis em cada construto. Os resultados a respeito da significância da covariável em cada construto encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores p para testes do coeficiente das covariáveis.

Covariável ¹	Construtos				
	Alim. Saudável	Sódio	Gordura Trans	DCNT	Quest. Total
Grupo	0,0249	0,664	0,397	0,0636	0,0312
Escore antes do PEN	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Sexo	0,2724	0,453	0,206	0,1247	0,4787
Idade	0,1321	0,550	0,431	0,6170	0,5133

Na Seção 4.1, observou-se diferenças de idade e sexo entre os grupos. Porém, os resultados obtidos na Tabela 4 mostram que essas diferenças não são significativas para o estudo em nenhum construto e no questionário total. Por isso, optou-se por retirar as variáveis idade e sexo do modelo de ANCOVA. Já variável escore antes do PEN mostrou-se altamente significativa em todos os construtos. Uma nova Análise de Covariância foi realizada considerando somente a covariável escore antes do PEN.

Para verificar a qualidade do ajuste do modelo considerando somente o escore antes do PEN como covariável realizou-se a análise de diagnóstico no qual são verificadas as suposições apresentadas na Seção 2.1.3. Nos gráficos sobre Alimentação Saudável (Fig.2), Sódio (Fig.3), DCNT (Fig.4), Gordura Trans (Fig.5) e Questionário Total (Fig.6) essas suposições são representadas através dos gráficos Resíduos vs Ajustados, Q-Q Plot Normal e da hipótese H_{03} .

Os gráficos à esquerda apresentam a relação entre o valor ajustado da resposta e os resíduos para cada construto. Os pontos devem estar espalhados aleatoriamente em torno da linha vermelha no caso de uma relação linear entre as variáveis em questão. Entre

¹ "Curso" é o nível de referência da variável Grupo e "feminino" é o nível de referência da variável Sexo

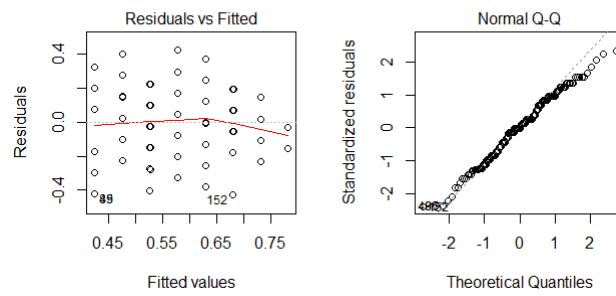


Figura 2 – Gráfico dos resíduos vs ajustados e Gráfico Q-Q Normal - Alimentação Saudável

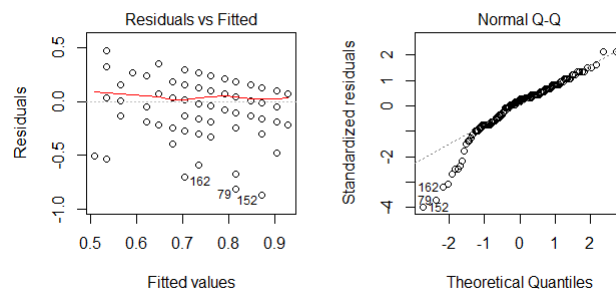


Figura 3 – Gráfico dos resíduos vs ajustados e Gráfico Q-Q Normal - Sódio

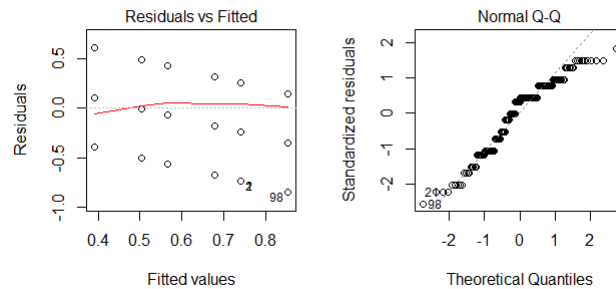


Figura 4 – Gráfico dos resíduos vs ajustados e Gráfico Q-Q Normal - DCNT

as variáveis envolvidas não há forte evidência de que os pontos não estejam distribuídos aleatoriamente, podendo-se considerar assim uma relação linear entre as variáveis.

Nos gráficos Normal Q-Q (à direita), observa-se a normalidade dos resíduos, no qual o eixo x é representado pelos quantis teóricos e no eixo y os resíduos padronizados. Quando a maior parte dos dados se concentra em cima da linha é razoável considerar que os erros estão distribuídos normalmente. Em todos os gráficos (Figuras 2 a 6), pode-se considerar que a suposição de normalidade dos resíduos é satisfeita.

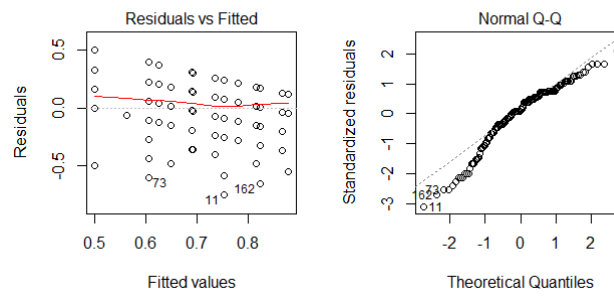


Figura 5 – Gráfico dos resíduos vs ajustados e Gráfico Q-Q Normal - Gordura Trans

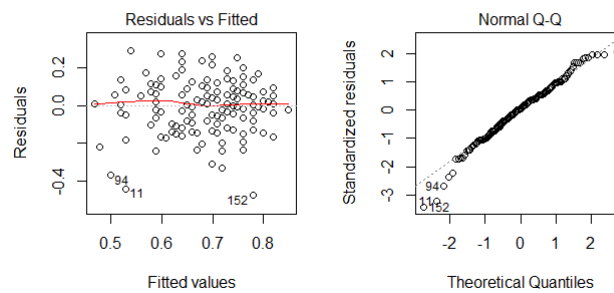


Figura 6 – Gráfico dos resíduos vs ajustados e Gráfico Q-Q Normal - Questionário Total

A suposição de homogeneidade dos coeficientes angulares dos grupos, testada pela hipótese H_{03} (17) de igualdade dos β_j em cada grupo (ou equivalentemente a ausência de interação). Na tabela 5, encontram-se os valores p desse teste de hipótese. Os gráficos dos coeficientes angulares de cada construto para os dois grupos curso e palestra são apresentados no Apêndice C.

Tabela 5 – Valores p da hipótese H_{03}

Construto	F	Valor p
Alimentação Saudável	0,0196	0,8890
Sódio	4,6354	0,0327
DCNT	2,6082	0,1082
Gordura Trans	0,9702	0,3263
Questionário Total	4,0864	0,0455

O construto Sódio e o Questionário Total não tiveram essa suposição da homogeneidade dos coeficiente satisfeita ($p < 0,05$). Neste caso um modelo mais completo, considerando coeficientes diferentes para cada grupo (modelo com interação), pode ser o mais

adequado para o ajuste desses dados.

A Tabela 6 apresenta a soma de quadrados e o ajuste da ANCOVA comparando os grupos curso e palestra, considerando apenas o escore antes do PEN como covariável. Nos construtos Sódio e Questionário Total, a análise incluiu a interação do grupo com o escore antes do PEN. Note que nessas situações em que as interações são significativas há o efeito de grupo no construto e o Questionário Total.

Tabela 6 – Soma de quadrados e ajuste da ANCOVA da comparação do escore do QCN após PEN considerando o grupo como fator e o escore antes do PEN como covariável

Construto	Fonte de Variação	SQ	F	Valor p
Alimentação Saudável	Grupo	0,339	3,094	0,080
	Nota antes do PEN	1,134	34,763	<0,001
Sódio	Grupo	0,004	5,180	0,024
	Nota antes do PEN	1,886	4,635	0,033
	Interação	1,886	0,222	<0,001
DCNT	Grupo	0,511	4,558	0,034
	Nota antes do PEN	3,454	30,603	<0,001
Gordura Trans	Grupo	0,005	0,901	0,344
	Nota antes do PEN	1,679	28,132	<0,001
Quest. Total	Grupo	0,016	6,853	0,009
	Nota antes do PEN	1,125	22,629	< 0,001
	Interação	0,078	4,064	0,045

A covariável escore antes do PEN foi significativa (β significativo) em todos os construtos e no questionário total. Ademais o efeito de grupo só não foi significativo ($p < 0,10$) no construto Gordura Trans.

A Tabela 7 apresenta as médias e os desvios padrão dos escores após o PEN corrigidas pelo escore antes do PEN. Note que, como esperado o escore ajustado do DCNT após o PEN não diferiu de seu escore não ajustado (Tabela 2) visto que o escore do DCNT antes do PEN não diferiu significativamente entre os grupos curso e palestra (Tabela 3) .

Para cada construto foram comparados as notas ajustadas para o grupo que fez o curso e para o que participou da palestra. Observou-se que o conhecimento nutricional das pessoas que fizeram o curso foi significativamente maior (considerando um nível de significância de 10%), quando comparado com aquelas que somente assistiram às palestras, em dois construtos (Alimentação Saudável e DCNT) e no questionário total. Apesar de não

Tabela 7 – Médias e desvios-padrão ajustados dos escores do QCN para os grupos Curso e Palestra.

Construtos	Média (DP) após o PEN ajustadas	
	Curso (n=94)	Palestra (n=71)
Alim. Saudável	0,589 (0,181)	0,539 (0,181)
Sódio	0,789 (0,223)	0,772 (0,223)
DCNT	0,718 (0,336)	0,605 (0,336)
Gordura Trans	0,757 (0,245)	0,720 (0,245)
Quest. Total	0,517 (0,187)	0,697 (0,167)

ser significativo ($p > 0,10$), parece haver um indício desse mesmo comportamento para os construtos Sódio e Gorduras trans.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de verificar o desempenho de um Programa de Educação Nutricional (PEN), os escores de um Questionário de Conhecimento em Nutrição (QCN) foram obtidos em dois momentos (antes e após o PEN) e comparados entre trabalhadores alocados em dois grupos denominados curso e palestra. O QCN é composto por quatro construtos sendo eles: Alimentação Saudável, Sódio, DCNT e Gordura Trans.

Características como o conhecimento nutricional antes do PEN, idade e sexo foram diferentes entre os grupos. Desta maneira foi preferível utilizar a ANCOVA ao invés de uma ANOVA, pois essa heterogeneidade poderia influenciar no resultado da comparação do conhecimento nutricional após o PEN entre os grupos.

Inicialmente, foi ajustado um modelo de ANCOVA para comparar o escore após o PEN entre os grupos considerando essas três covariáveis. Notando-se que as variáveis idade e sexo não foram significativas no modelo, as mesmas foram retiradas da análise. Assim, o modelo foi ajustado novamente considerando apenas a covariável escore antes do PEN. Não foi observado quebra nas suposições de independência e normalidade dos resíduos em todos os construtos e no Questionário Total. Entretanto, a suposição de homogeneidade dos coeficientes angulares da covariável não foi satisfeita no construto Sódio e no Questionário Total. Nestes casos foi considerado na ANCOVA um modelo com interação.

Foi observado que em todos os construtos e, também, no Questionário Total o ganho de conhecimento foi significativamente maior entre as pessoas que participaram do curso quando comparado com aqueles que somente participaram da palestra.

REFERÊNCIAS

Axelsson, M.L; Brindeberg, D. **The measurement and conceptualization of nutrition knowledge.** *Journal of Nutrition Education* vol. 24, n.5, p.239-246, 1992.

Guadagnin, S.C. **Elaboracao e validacao de questionario de conhecimentos em nutricao para adultos.** Dissertacao de mestrado (mestrado em Nutricao), Universidade de Brasilia, 75p., 2010.

Guadagnin, S.C., Nakano, E.Y., Dutra, E.S., de Carvalho, K.M.B. and Ito, M.K. **Workplace nutrition knowledge questionnaire: psychometric validation and application.** *British Journal of Nutrition*, 116(9), p.1546-1552, 2016.

Montgomery, DC. **Design and analysis of experiments.** 3rd ed. New York: Wiley, 1991

Nakano, E. Y.; Oikawa, S. M. **Hipoteses Estatisticas Testadas por Diversos Softwares em Modelos com Dois Fatores..** *Trends in Applied and Computational Mathematics*, v.5, n.1, p.117-124, 2004.

Neter, J; Wasserman. **Applied linear statistical models.** Illinois: Richard, D. Irwin, Inc. 1974.

R Core Team . R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>, 2015.

ANEXOS

Anexo A: Questionário

Questionário de Conhecimentos em Nutrição para Adultos

VERSÃO VALIDADA

1. Na sua opinião, qual (is) doença (s) pode (m) estar relacionada (s) com o que as pessoas comem e bebem?
Diabetes Hipertensão
2. Quais dessas atitudes ajudariam você a reduzir suas chances de ter essas doenças (*pode responder mais de um item*):
 a. Comer mais fibras
 b. Comer menos gorduras
 c. Comer mais frutas e hortaliças
3. Quantas vezes por dia devemos consumir frutas (ex.: uma maçã ou uma fatia de abacaxi) e hortaliças (ex.: 2 colheres de beterraba, 2 colheres de couve, 4 rodela de tomate) para ter boa saúde?
 a. Frutas: _____
 b. Hortaliças: _____
4. Gordura trans deve ser evitada na alimentação?
 Sim Não
5. Os alimentos abaixo possuem gorduras trans?
- | | Sim | Não | Não sei/não tenho certeza |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| a. Sorvete | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b. Ovo | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c. Biscoito recheado | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d. Óleo de soja | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e. Azeite de oliva | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
6. Os alimentos abaixo possuem muito ou pouco sal?
- | | Muito | Pouco | Não sei/não tenho certeza |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| a. Catchup | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b. Presunto | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c. Vegetais cozidos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d. Macarrão instantâneo | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e. Ricota | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| f. Temperos industrializados | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| g. Orégano, cheiro verde | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
7. Pela legislação brasileira, o dizer "0% de gordura trans" no rótulo significa que o alimento não possui este tipo de gordura como um de seus ingredientes.
 Certo Errado Não sei/não tenho certeza
8. Todos os alimentos *diet e light* são mais saudáveis.
 Certo Errado Não sei/não tenho certeza
9. No rótulo, o percentual de valor diário de referência (%VD) indica o quanto a porção do alimento contém de energia e nutrientes em relação a uma dieta de 2000 calorias (Kcal).
 Certo Errado Não sei/não tenho certeza

Anexo B: Script no R

```

dados <- read.csv2("Banco Questionario nutricional.csv")
head(dados)
names(dados)
str(dados)
attach(dados)

# Alterar essas informações

grupo <- c(rep(1,71),rep(2,94)) # 1-Lecture; 2-Interactive
k <- 2
N <- 165

# Descomentar o x e y referente ao construto em que deseja fazer a ANCOVA
# Descomentar a matriz referente ao construto de interesse ao final do código

# x <- as.numeric(dados[,4]) # antes - Alimentação Saudável
# y <- as.numeric(dados[,5]) # depois - Alimentação Saudável
# x <- as.numeric(dados[,6]) # antes - Sódio
# y <- as.numeric(dados[,7]) # depois - Sódio
x <- as.numeric(dados[,8]) # antes - DNCD
y <- as.numeric(dados[,9]) # depois - DNCD
# x <- as.numeric(dados[,10]) # antes - Gordura Trans
# y <- as.numeric(dados[,11]) # depois - Gordura Trans
#x <- as.numeric(dados[,12]) # antes - Total
#y <- as.numeric(dados[,13]) # depois - Total

#para fazer o SQRes do modelo completo

Exx.g1 <- sum((x[grupo==1]-mean(x[grupo==1]))^2)
Eyy.g1 <- sum((y[grupo==1]-mean(y[grupo==1]))^2)
Exy.g1 <- sum((x[grupo==1]-mean(x[grupo==1]))*(y[grupo==1]-mean(y[grupo==1])))

Exx.g2 <- sum((x[grupo==2]-mean(x[grupo==2]))^2)
Eyy.g2 <- sum((y[grupo==2]-mean(y[grupo==2]))^2)
Exy.g2 <- sum((x[grupo==2]-mean(x[grupo==2]))*(y[grupo==2]-mean(y[grupo==2])))

Exx.g <- Exx.g1 + Exx.g2
Eyy.g <- Eyy.g1 + Eyy.g2
Exy.g <- Exy.g1 + Exy.g2

(SQResyx <- Eyy.g - (Exy.g^2/Exx.g)) # modelo completo = 5.28558

```

```

bebeta <- Exy.g/Exx.g

#para fazer o SQRes do modelo reduzido = SQtot

Txx <- sum((x-mean(x))^2)
Tyy <- sum((y-mean(y))^2)
Txy <- sum((x-mean(x))*(y-mean(y)))

(SQRes.red <- Tyy - (Txy^2)/Txx) # igual ao SQTOT = 5.386546

# testar H01 : alpha1 = alpha2

F01 <- ((SQRes.red-SQResyx)/(k-1))/(SQResyx/(N-k-1)) # 3.094548
pv01 <- 1-pf(F01,(k-1),(N-k-1)) # 0.08044285

# testar H02 : Beta = 0

F02 <- (Exy.g^2/Exx.g)/(SQResyx/((N-k-1))) # 34.75834
pv02 <- 1-pf(F02,(k-1),(N-k-1)) # 2.106214e-08

# estimar o beta1 e beta2

bbeta1 <- Exy.g1/Exx.g1 # 0.4229005
bbeta2 <- Exy.g2/Exx.g2 # 0.4026299

# testar H03

sqresred <- SQResyx
sqrescompl <- Eyy.g-(Exy.g1^2/Exx.g1+Exy.g2^2/Exx.g2)
F03 <- ((sqresred-sqrescompl)/(k-1))/(sqrescompl/(N-k-1))
pv03 <- 1-pf(F03,(k-1),(N-k-1)) # 0.8882862

# matralim <- matrix(c('F01','F02','F03',round(c(F01,F02,F03),3),
                    'pv01','pv02','pv03',round(c(pv01,pv02,pv03),3)),byrow=T,ncol=3)
# matrsodio <- matrix(c('F01','F02','F03',round(c(F01,F02,F03),3),
                    'pv01','pv02','pv03',c(pv01,pv02,pv03)),byrow=T,ncol=3)
matrdcnt <- matrix(c('F01','F02','F03',round(c(F01,F02,F03),3),
                    'pv01','pv02','pv03',round(c(pv01,pv02,pv03),3)),byrow=T,ncol=3)
# matrgrodura <- matrix(c('F01','F02','F03',round(c(F01,F02,F03),3),
                    'pv01','pv02','pv03',round(c(pv01,pv02,pv03),3)),byrow=T,ncol=3)
# matrtotal <- matrix(c('F01','F02','F03',round(c(F01,F02,F03),3),
                    'pv01','pv02','pv03',round(c(pv01,pv02,pv03),3)),byrow=T,ncol=3)

```

Anexo C: Gráficos do coeficiente angular de cada construto

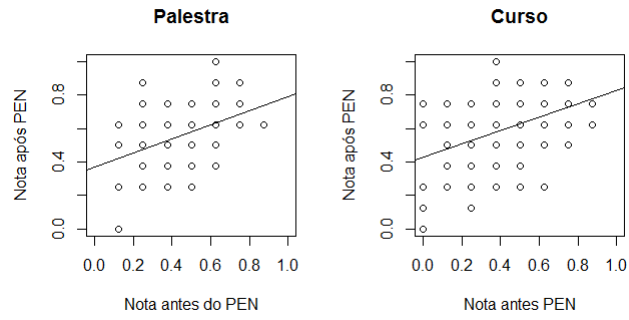


Figura 7 – Coeficiente angular de cada construto - Alimentação Saudável

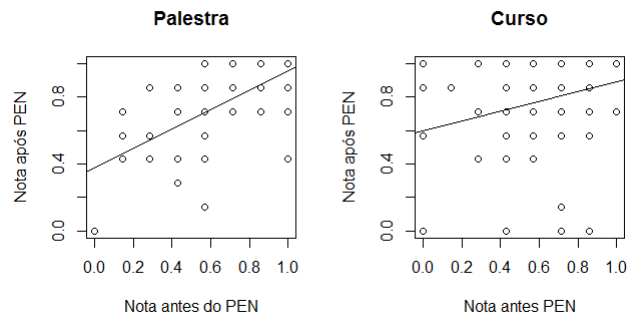


Figura 8 – Coeficiente angular de cada construto - Sódio

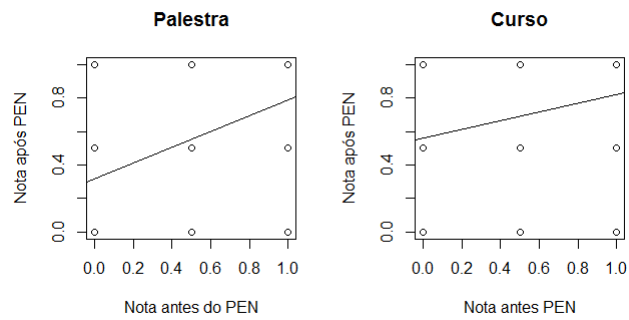


Figura 9 – Coeficiente angular de cada construto - DCNT

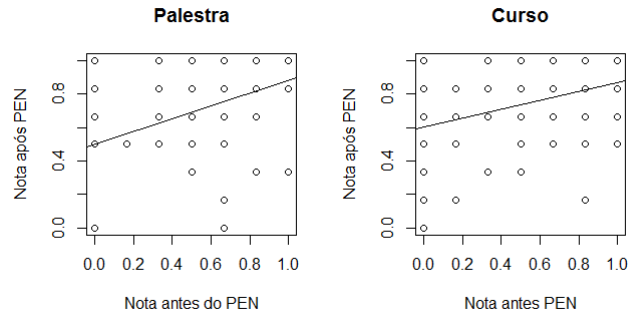


Figura 10 – Coeficiente angular de cada construto - Gordura Trans

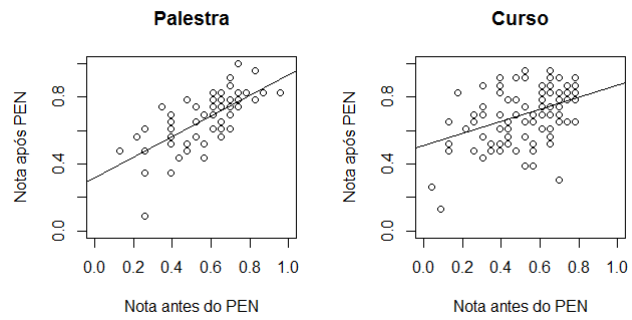


Figura 11 – Coeficiente angular de cada construto - Total