

# Agricultura familiar, alimentação e desempenho escolar: uma avaliação com tratamento contínuo<sup>1</sup>

Caroline de Deus<sup>2</sup>

Maria Micheliana da Costa Silva<sup>3</sup>

## Resumo

O objetivo do artigo é avaliar o impacto do PNAE (Programa Nacional de Alimentação Escolar) sobre o desempenho escolar de alunos da rede pública do Brasil, a partir do percentual de compras de alimentação escolar via agricultura familiar. O desempenho foi medido pelas proficiências dos alunos dos 5º e 9º anos no exame do SAEB de 2017. A estratégia de identificação adotada, considerando o tratamento contínuo e seus efeitos heterogêneos, foi a abordagem *Local Average Treatment Effects* (LATE), além da Função Dose-Resposta (FDR) e do Efeito Marginal do Tratamento (EMT). Verificou-se efeitos positivos, mostrando que o aumento de 1 ponto percentual (p.p.) no valor destinado à aquisição de produtos da agricultura familiar eleva em 1,15 e 1,4 pontos as proficiências de português e matemática dos alunos do 5º ano, respectivamente. Já para o 9º ano, o aumento é de 0,9 e 1,2 pontos nos referidos testes. As evidências contribuem para mostrar a relevância do PNAE e dos alimentos da agricultura familiar no cardápio da escola para o desempenho escolar. O nível ótimo da FDR para o desempenho escolar é 60%, uma evidência notável de que o percentual mínimo de compra estabelecido pelo programa, de 30%, não é o ideal. Os resultados também podem lançar luz sobre o projeto de Lei 3.292 de 2020, que altera a Lei nº 11.947/09, e que pode dismantlar os mecanismos construídos em prol de uma alimentação saudável.

**Palavras-chave:** desempenho escolar; PNAE; tratamento contínuo.

## Abstract

This paper aims to evaluate the impact of the PNAE (National School Feeding Program) on the student achievement of students in the public network in Brazil, based on the percentage of school meals purchased via family farming. Performance was measured by the proficiencies of 5th and 9th grade students in the 2017 SAEB exam. The identification strategy adopted, considering continuous treatment and its heterogeneous effects, was the *Local Average Treatment Effects* (LATE) approach, in addition to the Dose Function -Response (FDR) and Marginal Effect of Treatment (EMT). There were positive effects, showing that the increase of 1 percentage point (p.p.) in the value destined to the purchase of products from family agriculture increases by 1.15 and 1.4 points the Portuguese and mathematics proficiencies of 5th year students, respectively. As for the 9th grade, the increase is 0.9 and 1.2 points in the tests. The evidence contributes to show the relevance of the PNAE and of foods from family farming in the school menu for student achievement. The optimal level of the FDR for school performance is 60%, which is remarkable evidence that the minimum purchase percentage established by the program, of 30%, is not ideal. The results can also shed light on the bill 3,292 of 2020, which amends Law 11,947/09, and which can dismantle the mechanisms built in favor of healthy eating.

**Keywords:** student achievement; PNAE; continuous treatment.

**Área 12** – Economia Social e Demografia Econômica.

JEL classification **I20 I29 C26**

---

<sup>1</sup> As autoras agradecem o apoio financeiro da CAPES e da FAPEMIG.

<sup>2</sup> Doutoranda em Economia Aplicada (PPGEA/UFV). E-mail: caroline.deus@ufv.br

<sup>3</sup> Professora do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada (UFV) - E-mail: maria.micheliana@ufv.br

## 1. Introdução

A infância é um período fundamental de desenvolvimento cognitivo e a nutrição tem participação essencial nesse processo. A literatura médica indica que o cérebro se desenvolve mais rápido nos primeiros anos de vida do que o resto do corpo, o que pode torná-lo mais vulnerável à alimentação insuficiente (BENTON, 2010; NYARADI et al., 2013). O desenvolvimento cerebral acontece seguindo seu programa genético, mas também é influenciado por fatores como educação, *status* socioeconômico, saúde, experiências de vida e, principalmente, a nutrição. Diferente desses fatores, a nutrição tem o poder de atuar diretamente na estrutura genética, estendendo a mudanças permanentes ou hereditárias (NAGY; WESTERBERG; KLINGBERG, 2004; KOSZEWSKI; SEHI, 2012; NYARADI et al., 2013).

Estudos de diferentes países, como Malásia (HAMID et al., 2011), Índia (NAIK; ITAGI; PATIL; 2015), Etiópia (BELACHEW et al., 2011; ABEBE et al., 2017), Venezuela (BERNAL et al., 2014), Canadá (ROUSTIT et al., 2010) e Estados Unidos (ALAIMO; OLSON; FRONGILLO, 2001; WINICKI; JEMISON, 2003) mostram que má nutrição e insegurança alimentar estão associadas ao absenteísmo, reprovação e baixo desempenho escolar.

Hanushek e Woessmann (2010), ao evidenciarem que a qualidade da educação é um pilar importante para o crescimento econômico e bem-estar social de um país, ressaltam que fatores como saúde e nutrição, se não incorporados na medição, podem distorcer os resultados. Uma vez que a nutrição influencia o desempenho escolar, então o crescimento econômico e a melhora da nutrição infantil se reforçam mutuamente (GLEWWE et al., 2001).

Crianças em idade escolar são um público cativo para intervenções de saúde sobre nutrição (SORHAINDO; FEINSTEIN, 2006). Programas de alimentação escolar são peça importante para tal, uma vez que crianças e adolescentes passam grande parte do seu dia na escola e fazem ao menos uma refeição enquanto estão nela. A merenda escolar, sendo um dos eixos de influência da nutrição infantil, é um importante caminho para melhorar os resultados escolares e, por conseguinte, elevar o crescimento econômico. Estudos econômicos internacionais têm se preocupado em encontrar evidências para a relação entre programas de alimentação escolar e desempenho educacional (BELOT; JAMES, 2011; IMBERMAN; KUGLER, 2014; FRISVOLD, 2015; ANDERSON et al., 2018).

Belot e James (2011) verificaram que a campanha “*Feed Me Better*” entre 2004 e 2005 no Reino Unido obteve efeitos positivos nos resultados educacionais de inglês e ciências dos alunos das escolas primárias e que as faltas ocasionadas por doenças caíram 14%. Imberman e Kugler (2014), avaliando alunos norte-americanos, descobriram que servir café da manhã em sala de aula melhorou os resultados nos testes acadêmicos e que os efeitos foram induzidos pelos benefícios da merenda ao longo do ano, e não apenas pelo consumo antes do teste.

Frisvold (2015), analisando o impacto do *School Breakfast Program* (SBP), que oferece café da manhã gratuito ou com preço reduzido para crianças pobres em escolas elegíveis dos Estados Unidos (EUA), encontra que o aumento da disponibilidade do programa melhora o desempenho escolar. Anderson et al. (2018), com uma amostra de escolas públicas da Califórnia nos EUA, comparam o desempenho dos alunos em escolas que contratam fornecedor externo que servem refeições saudáveis com aquelas em que os fornecedores não ofertam merenda saudável. Alunos de escolas que empregam fornecedores de merenda escolar saudável obtêm resultados mais altos nos testes estaduais de desempenho escolar.

No Brasil, o programa direcionado à alimentação escolar é o PNAE (Programa Nacional de Alimentação Escolar). Criado inicialmente com o nome Merenda Escolar, o PNAE oferta refeições no espaço escolar a todos os alunos da rede pública. A partir de 2009, todos os municípios foram obrigados a destinar, no mínimo, 30% dos recursos repassados pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) para compra de alimentos de origem da agricultura familiar, visando a alimentação escolar saudável. Estudos de cunho qualitativo mostram que o PNAE e a inclusão de alimentos da agricultura familiar são relevantes para melhora do conteúdo nutricional da alimentação na escola (TEO, 2017; NOLL et al., 2019).

Teo (2017) mostra que a parceria entre a agricultura familiar e o PNAE diminuiu consideravelmente a aquisição de alimentos processados para a merenda escolar em três municípios de Santa Catarina, de 2008 a 2010. Noll et al. (2019), com uma amostra da Pesquisa Nacional de Saúde Escolar de 2015 para o Brasil,

evidencia que alunos do 9º ano, dos quais as escolas recebem o PNAE, possuem menor chance de consumir alimentos salgados, ultraprocessados, doces e refrigerantes, ao passo que, para estudantes que frequentam escolas com cantinas e lanchonetes, esta probabilidade é maior. Eles argumentam que programas como o PNAE procuram priorizar a entrega de alimentação saudável, levando mais alimentos *in natura* ou minimamente processados.

Na literatura econômica brasileira, alguns estudos encontraram efeito positivo do PNAE sobre a frequência escolar de alunos no Pernambuco (PONTILI; KASSOUF, 2007) e no município de Aracati, no Ceará (ALBUQUERQUE NETO et al., 2015). Em relação a qualidade da educação, Gomes et al. (2015) não encontram associação positiva entre o PNAE e o desempenho escolar. Enquanto Pereira, Da Costa Silva e Oliveira Júnior (2021) obtêm uma correlação positiva entre a interação Pronaf e PNAE e o IDEB de 2017 das escolas públicas do ensino fundamental, após estimarem uma regressão linear e controlarem as influências de recursos escolares e o nível socioeconômico dos alunos. Já Gomes et al. (2021) fizeram um recorte para a região Nordeste brasileira. Eles estimam, por meio de um *Propensity Score Matching*, que os municípios cumpridores do requisito mínimo de 30% de aquisição de alimentos via agricultura familiar para o PNAE possuem maiores taxas de aprovação e maior nota do IDEB e menores taxas de abandono e distorção idade-série, para alunos dos ensinos fundamental e médio. Ao aplicarem metodologia de seleção em observáveis, não consideram o viés de efeitos heterogêneos da proporção de aquisição de alimentos da agricultura familiar, o que pode subestimar o valor de impacto do programa.

Este estudo visa ampliar a literatura econômica e empírica ao avaliar o impacto do PNAE sobre o desempenho escolar, desagregando a variável de resultado ao nível do aluno, além de fornecer evidências robustas, ao aplicar um método adequado aos fatores de seleção do programa. Assim, o objetivo do artigo é analisar o impacto do PNAE, por meio do percentual dos valores destinados à aquisição de alimentos da agricultura familiar, sobre as proficiências em matemática e português dos alunos do 5º e 9º anos do ensino fundamental da rede pública brasileira, no exame do SAEB de 2017.

O método aplicado foi *Local Average Treatment Effect* (LATE). Como variável instrumental foi adotado o número de estabelecimentos da agricultura familiar com Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP) por município. Além disso, também foram estimados a Função Dose-Resposta (FDR) e o Efeito Marginal do Tratamento (EMT).

O estudo fornece sugestões úteis para o desenho da política, acerca do percentual ótimo de aquisição de alimentos da agricultura familiar. As evidências também contribuem lançando luz sobre as alterações que o Projeto de Lei 3.292 de 2020 pode submeter à Lei nº 11.947/09. Não seria eficiente retroceder os mecanismos de promoção a alimentação saudável com a aprovação do Projeto, que discute que, no mínimo, 40% do consumo de leite deve ser em sua forma fluida. Imputar essa rigidez no cardápio escolar desconsidera a autonomia dos profissionais de nutrição como responsáveis técnicos e pode dificultar seu trabalho, a execução do programa e a diversidade alimentar regional. O Projeto de Lei também estabelece a retirada da prioridade de compra dos alimentos oriundos de comunidades indígenas, quilombolas e assentamentos agrários, o que compromete o caráter econômico distributivo do programa, a inclusão dos produtores mais vulneráveis economicamente, como os agricultores do grupo Pronaf B, predominantes na região Nordeste, e o desenvolvimento econômico local.

Além dessa introdução, o artigo está dividido em mais quatro seções. Na seção seguinte, apresenta-se o desenho do PNAE. Na seção 3, é descrita a metodologia, que inclui a estratégia de identificação e as bases de dados. Os resultados e as discussões são feitos na seção 4, por fim, as considerações finais estão na seção 5.

## **2. O PNAE e a compra de alimentos da agricultura familiar**

Criado efetivamente em 1955, o PNAE é um dos programas sociais brasileiros mais longevos no campo de alimentação e nutrição. Ele é conceituado como um dos maiores e mais abrangentes programas internacionalmente em relação a universalização do atendimento da alimentação saudável e segura aos educandos. Gerenciado pelo FNDE, o Governo Federal repassa, de forma complementar, aos estados, municípios e escolas federais os valores financeiros mensais para cobrir os dias letivos, de acordo com a quantidade de estudantes matriculados por rede de ensino (FNDE, 2017).

A partir de 2009, com a implementação da Lei 11.947, ocorreram mudanças significativas no programa, como, por exemplo, a inclusão de escolas filantrópicas e comunitárias no público elegível, a exigência de nutricionistas como responsáveis técnicos e a obrigatoriedade de compra de, pelo menos, 30% dos recursos em alimentos da agricultura familiar ou do empreendedor familiar rural local, priorizando os assentamentos da reforma agrária, as comunidades tradicionais indígenas e quilombolas. (BRASIL, 2009). As duas últimas mudanças foram um passo marcante em direção a alimentação escolar mais saudável.

A compra de alimentos e produtos da agricultura familiar incentiva às tradições alimentares locais, gera emprego e renda, além de levar ao desenvolvimento local. O PNAE passou a ser uma garantia de mercado para os agricultores familiares, fortalecendo a economia local. Pelo lado da comunidade escolar, os benefícios vêm em forma de diversidade alimentar, com frutas, hortaliças e produtos frescos ofertados para o atendimento das necessidades nutricionais de maneira segura aos escolares (OLIVEIRA et al., 2021).

De acordo com a Lei 11.947/2009, o processo de compra pode ocorrer com a dispensa do procedimento licitatório do município, por meio de chamada pública, desde que os preços sejam compatíveis com os operados no mercado local; e com os projetos de venda. Os projetos de venda podem ser apresentados por fornecedores individuais, grupos formais ou informais. Para o agricultor individual participar do processo, ele necessita ser detentor da DAP Física. Já os grupos formais precisam possuir a DAP Jurídica da organização produtiva. Enquanto para os grupos informais cada agricultor precisa ter sua DAP Física. A DAP é o documento que identifica os agricultores familiares e por meio do qual são possibilitados seus acessos aos programas e políticas públicas. Cada DAP familiar tem o limite de venda de até R\$ 20.000,00 (vinte mil) por ano, por órgão comprador (BRASIL, 2020).

### **3. Metodologia**

#### **3.1 Estratégia de Identificação**

Com base nas diretrizes do programa apresentadas na seção 2, o tratamento apresenta efeitos heterogêneos, pois, apesar da exigência de no mínimo 30% dos recursos para a aquisição de produtos dessa fonte, o percentual de compra por município é bastante variado. Isso faz com que o tratamento seja oferecido em doses diferentes e o efeito seja heterogêneo, uma vez que o efeito médio do tratamento, o efeito médio do tratamento sobre o tratado e o efeito médio do tratamento no não tratado podem ser diferentes.

Dado o caráter contínuo da variável da compra dos alimentos da agricultura familiar no PNAE, adotar o método de tratamento contínuo permite avaliar o efeito dosagem dos diferentes níveis de aquisição dos produtos por cada município. A dose, nesse caso, captura a intensidade do valor da aquisição de alimentos da agricultura familiar em cada município e o efeito que esta variação causa no desempenho dos alunos, o qual pode ser diferente dependendo do nível de adoção. Assim, usando a intensidade do tratamento, aumenta-se a precisão dos resultados do que apenas depender do tratamento binário (CERULLI, 2015).

Diferentemente do tratamento binário, que dá valor zero para o grupo controle e 1 para o grupo tratado, a abordagem de tratamento contínuo empregada aqui dá ao grupo de controle uma dose de zero e ao grupo tratado uma dose entre zero e 100 (CERULLI, 2015). Desse modo, no presente trabalho, o grupo de controle é composto por alunos das escolas com PNAE, em que os municípios adquirem 0% dos produtos da agricultura familiar. Enquanto o grupo de tratados é formado por estudantes das escolas com PNAE, em que os municípios compram mais do que 0%.

O percurso dessa avaliação se deu por um caminho exógeno aos tratamentos e resultados potenciais com a adoção de instrumentos na abordagem do LATE, que permite estimar corretamente o efeito causal na presença de efeitos heterogêneos. O instrumento escolhido foi o número de estabelecimentos com DAP por município. Ele foi testado em sua força de explicação à variável de tratamento. Foram aplicados os testes de Stock e Yogo e de inferência robusta com os testes de Anderson Rubin e Stock-Wright. Também foi testada a sua validade por meio do teste de subidentificação, utilizando a estatística LM.

O instrumento é alocado de forma aleatória, independentemente dos resultados e dos tratamentos potenciais. Uma vez que o número de estabelecimentos com DAP no município não dependem do desempenho escolar e da demanda das escolas por alimentos, então, pode-se expressar:  $Z_i \perp (Y_i(0), Y_i(1), T_i(0), T_i(1))$ , em que  $Z_i$  é o instrumento;  $Y_i(0)$  é o resultado potencial, caso o indivíduo não

tivesse adquirido produtos da agricultura familiar e  $Y_i(1)$  é o resultado potencial, caso o indivíduo tivesse adquirido.  $T_i(0)$  é o valor potencial da aquisição de produtos da agricultura familiar (a variável endógena) se a escola tivesse um valor de  $Z_i$  que não a induzisse a adquirir; e  $T_i(1)$  é o valor potencial da agricultura familiar se a escola tivesse um valor de  $Z_i$  que a induzisse a participar.

Ao contrário da abordagem clássica, em que os efeitos de tratamento são homogêneos, o LATE pode determinar o efeito médio do tratamento de uma subpopulação específica (ou seja, local), quando o efeito do tratamento é heterogêneo (IMBENS; ANGRIST, 1994). Nesse caso, o instrumento vai atuar nas direções certas. Isso significa que, quando o número de estabelecimentos com DAP for favorável à contração no projeto de venda, então os municípios vão adquirir alimentos da agricultura familiar. Mas, quando o número de estabelecimentos com DAP não for favorável ao demandado na chamada pública, então as entidades executoras vão acabar não comprando. Desse modo, tem-se o efeito nos *compliers*.

Seguindo Imbens e Angrist (1994), o LATE identifica o efeito médio, assumindo que são poucos os não cumpridores. Portanto as entidades executoras que não vão adquirir produtos da agricultura familiar, conforme o número de estabelecimentos com DAP no município não seja favorável, são um número pequeno que não afetará o verdadeiro efeito médio. Assim, por monotonicidade:  $T_i(1) > T_i(0)$ .

O instrumento é relevante, pois os municípios com agricultores portadores de DAP são mais prováveis de fornecer produtos alimentícios locais para as escolas beneficiárias do PNAE. Também pode-se afirmar que o instrumento é redundante, não influencia diretamente o desempenho escolar, mas sim a oferta de alimentos para o PNAE, que, por conseguinte, afeta o rendimento escolar. Ademais, controlando as características de desenvolvimento local e a região geográfica, que podem ser influenciadas positivamente pela agricultura familiar e até mesmo pela sua inserção no Pronaf, o instrumento será exógeno e não terá efeito direto no desempenho dos alunos. Assim, a restrição de exclusão é atendida.

Estimou-se o efeito local médio por Mínimos Quadrados em Dois Estágios (MQ2E). A equação estrutural para a relação entre a aquisição de produtos da agricultura familiar e o desempenho escolar pode ser representada como a seguir:

$$y_{iem} = \alpha + \lambda X_{iem} + \mu_{em} + \delta_m + \tau PNAE\_AF_m + \varepsilon_{iem} \quad (1)$$

em que  $y_{iem}$  representa a nota nos testes de proficiência do SAEB do aluno  $i$ , na escola  $e$ , no município  $m$  no ano de 2017;  $\alpha$  é a constante;  $X_{iem}$  é um vetor de covariadas e  $\lambda$  seu coeficiente;  $\delta_m$  representa os efeitos fixos de região geográfica e localização urbana;  $\mu_{em}$  é o efeito fixo de dependência administrativa da escola;  $PNAE\_AF_m$  é a variável de tratamento endógena, medida pela interação do percentual de produtos da AF adquiridos no município  $m$  e das escolas que recebem o PNAE, em que  $\tau$  é o efeito médio local. Esse procedimento é feito devido ao caráter contínuo da variável de tratamento. Por fim,  $\varepsilon_{iem}$  é o termo de erro aleatório. O primeiro estágio é definido como:

$$PNAE\_AF_m = \eta + \lambda X_{iem} + \mu_{em} + \delta_m + \rho Z_m + v_{iem} \quad (2)$$

em que  $\eta$  é a constante;  $Z_m$  representa o instrumento estabelecimentos com DAP e  $\rho$  é o seu coeficiente. Por último,  $v_{iem}$  é o novo termo de erro. As demais variáveis e seus coeficientes são definidas como na equação (2).

Por fim, dado o caráter contínuo do tratamento da agricultura familiar, foram estimados a FDR e o EMT, seguindo a abordagem de Cerulli (2015), pois nela considera-se que o importante não é somente a adoção do tratamento ou não, mas o nível de adoção e a heterogeneidade do impacto. Sendo assim, dividiu-se a metodologia em mais duas subseções. A primeira percorre a metodologia empregada na FDR e no EMT. E a segunda aborda as bases de dados e variáveis.

### 3.2 Função Dose-Resposta e Efeito Marginal do Tratamento

A diferença na intensidade de adoção de um tratamento pode interferir na heterogeneidade do impacto. Isso pode ocorrer na relação entre desempenho escolar e percentual de aquisições da agricultura familiar, pois a resposta do desempenho escolar dos alunos pode ser diferente para cada percentual de alimentos consumido. A Função Dose-Resposta (FDR) permite avaliar essa heterogeneidade do impacto

em cada nível de adoção. Segundo Cerulli (2015), a FDR é igual ao efeito médio do tratamento (ATE), dado um nível  $t$  do tratamento,  $ATE(t)$ , em que  $t$  representa a variável de tratamento contínuo. Nesse caso,  $t$  é o percentual adquirido de alimentos da agricultura familiar por município.

Em síntese, a FDR é a esperança condicional das variações das proficiências dos alunos, dadas as variáveis. A derivada da FDR é, portanto, o efeito marginal do tratamento (EMT), que mostra como os efeitos da adoção de alimentos da agricultura familiar mudam a proficiência dos alunos, à medida que o nível de alimentos da agricultura familiar aumenta. A abordagem permite a endogeneidade presente na variável de tratamento, sem causar prejuízos à estimação do efeito causal, ao implementar o método de estimação VI (CERULLI, 2015).

De acordo com Cerulli (2015), sejam dois diferentes e exclusivos resultados potenciais:  $y_{1i}$  e  $y_{0i}$ , indicando a proficiência do aluno  $i$ , quando recebe o tratamento,  $w_1$ , e quando não recebe,  $w_0$ . Nota-se que, nesse caso, a variável  $w$  é binária. Define-se  $x_i = (x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}, \dots, x_{Mi})$  o vetor de  $M$  características observáveis, em que  $i = 1, \dots, N$ . Seja  $N$  o total de alunos,  $N_1$  é a parcela tratada, e  $N_0$  a parcela não tratada. As equações para os dois resultados potenciais são expressas como:

$$\begin{cases} w = 1: y_1 = \mu_1 + g_1(x) + h(t) + e_1 \\ w = 0: y_0 = \mu_0 + g_0(x) + e_0 \end{cases} \quad (3)$$

Assumem-se duas funções respostas,  $g_1(x_i)$  e  $g_0(x_i)$ , associadas ao vetor de variáveis  $x_i$ , respectivamente quando os estudantes são tratados ou não;  $\mu_1$  e  $\mu_0$  são escalares;  $e_1$  e  $e_0$  são duas variáveis aleatórias, com média zero e variância constante. O tratamento  $t$  está dentro do intervalo  $[0, 100]$  e  $h(t)$  é a função derivada de  $t$ . A partir de (4), pode-se definir o efeito do tratamento

Ajustando a expressão em abordagem de regressão e aplicando o método VI para restaurar a consistência dos estimadores na presença de endogeneidade, Cerulli (2015) expressa o modelo da seguinte forma:

$$y_i = \mu_0 + x_i\delta_0 + w_iATE + w_i(x_i - \bar{X})\delta + w_iT_{1i} + bw_iT_{2i} + cw_iT_{3i} + \eta_i \quad (4.1)$$

$$w_i^* = x_{w,i}\beta_w + \epsilon_{w,i} \quad (4.2)$$

$$t_i' = x_{t,i}\beta_t + \epsilon_{t,i} \quad (4.3)$$

No qual  $T_{1i} = t_i - E(t_i)$ ,  $T_{2i} = t_i^2 - E(t_i^2)$  e  $T_{3i} = t_i^3 - E(t_i^3)$ ;  $w_i^*$  é a variável latente;  $t_i$  é observável somente quando  $w_i = 1$  (e  $t_i = t_i'$ );  $x_{w,i}$  e  $x_{t,i}$  são dois conjuntos de regressores exógenos que explicam o tratamento, enquanto  $\epsilon_{w,i}$ ,  $\epsilon_{t,i}$  e  $\eta_i$  são termos de erro livremente correlacionados entre si, com média incondicional igual a zero. A equação (4.2) é a equação de seleção, que define a regressão explicando o indicador de tratamento  $w_i^*$  com o vetor de covariadas,  $x_{w,i}$ , usadas como critério para definir os grupos de tratado e controle. A equação (4.3) é a equação do nível do tratamento, que define como o nível de adoção de alimentos da agricultura familiar é decidido, considerando apenas alunos de escolas elegíveis ao tratamento. E o vetor  $x_{t,i}$  são as covariadas exógenas que determinam o nível do tratamento.

Percebe-se que  $w_i$ ,  $T_{1i}$ ,  $T_{2i}$  e  $T_{3i}$  são variáveis endógenas, sendo as três últimas funções do nível do tratamento,  $t$ . Sendo assim, as estimações têm duas variáveis endógenas:  $w_i^*$ , a variável do tratamento na forma binária; e  $t_i'$ , a variável de adoção de alimentos da agricultura familiar em sua forma contínua. Desse modo, são necessárias ao menos duas variáveis instrumentais, que sejam correlacionadas diretamente com  $w_i^*$  e  $t_i'$ , mas não com o desempenho escolar, para satisfazer a restrição de exclusão, e não correlacionadas com os termos de erro, assegurando a exogeneidade.

Da subseção anterior, para a estimação do LATE, o número de estabelecimentos com DAP por município foi visto como um bom instrumento para o nível de adoção de produtos da agricultura familiar. Uma vez que ele é importante para o nível de alimentos adquiridos, também o é para a participação no tratamento. Seguindo esse raciocínio, foi escolhido o total de estabelecimentos da agricultura familiar no município para ser a segunda variável instrumental, relacionada ao tratamento binário. A quantidade de estabelecimentos da agricultura familiar no município favorece a participação no tratamento, mas, assim

como o número de estabelecimentos com DAP, não influencia diretamente o desempenho escolar, satisfazendo a restrição de exclusão.

As equações (4.2) e (4.3) foram estimadas pelo Modelo de Heckman em duas etapas. A primeira etapa consiste em estimar  $w_i$  em  $x_{w,i}$ , por meio de um *probit*, somente com  $N_1$  observações. Na segunda etapa, por meio de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), estimou-se  $t'_i$  em  $x_{t,i}$  com todas as  $N$  observações e usando a razão de Mills obtida na primeira etapa. Dessa forma, obtêm-se as estimativas de  $w_i$  e  $t_i$ . Com as equações (4.2) e (4.3) calculadas, estimou-se a equação (4.1). Para isso, aplicou-se o MQ2E e obteve-se estimadores consistentes. Por fim, a FDR foi estimada por MQO.

### 3.3 Bases de Dados e Variáveis

A amostra recortada é de alunos em escolas da rede pública. O motivo é porque ela contém maior número de observações do que as escolas privadas elegíveis. Imbens e Angrist (1994) afirmam que o uso de amostras pequenas no LATE pode causar perda de eficiência. Além disso, deixar as observações de alunos das escolas privadas na amostra traria confusão ao efeito, pois eles possuem características individuais e familiares distintas dos alunos de escolas públicas, apresentando desempenho escolar mais alto do que esses últimos.

A variável que capta o desempenho escolar é as notas nos testes de português e matemática dos alunos dos 5º e 9º anos da rede pública. Sendo assim, a variável dependente está em nível de aluno. As notas são calculadas e padronizadas em escalas de proficiência nos exames do SAEB, elaborados pelo INEP. Elas variam entre zero e 375 e são aplicadas nos anos ímpares para as escolas públicas e privadas cadastradas no Censo Escolar.

A variável de tratamento, percentual de recursos destinados à agricultura familiar, é construída pelo FNDE. Foi feita sua interação com a variável se a escola recebe recursos do PNAE, recolhida do Censo Escolar de 2017, a fim de que os tratados fossem somente as escolas participantes do programa. Assim, os municípios das escolas públicas que apresentam percentuais acima de zero são designados ao grupo de tratados. Devido ao caráter complementar do PNAE, alguns municípios indicaram ter gastado mais de 100% com a agricultura familiar. Porém, como o interesse deste estudo é analisar somente o efeito do programa, aqueles que designaram mais de 100% passaram a obter o valor igual a 100.

Os instrumentos fazem parte do Censo Agropecuário de 2017, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ano que são encontrados os dados mais recentes. Como os últimos dados do FNDE sobre a compra de alimentos da agricultura familiar são para 2017, o último Censo Agropecuário realizado foi em 2017 e os exames do SAEB são realizados nos anos ímpares, a análise do efeito da agricultura familiar sobre o desempenho escolar considera, portanto, somente o ano de 2017. Logo, a estimação é em dados de seção cruzada.

Tendo em vista que a variável de desempenho escolar está em nível de aluno e sabendo da relação entre desempenho escolar e o perfil socioeconômico e cultural do educando (INEP, 2015), incluiu-se o Indicador de Nível Socioeconômico (INSE) das escolas de educação básica do Brasil. Assim, controlou-se a influência do *background* familiar sobre as proficiências.

Sabendo que a renda do município pode afetar o desempenho escolar, também é incluído o Produto Interno Bruto (PIB) per capita dos municípios. Além dessas variáveis, são incorporadas características de infraestrutura escolar. Também é controlado o efeito do grupo de alunos em unidades prisionais ou socioeducativas que recebem o tratamento. Posto que a realidade socioeconômica e em educação desses alunos é diferente dos demais, acreditou-se ser importante a inclusão de uma *dummy* indicando a participação desse grupo no tratamento, a fim de não subestimar o efeito da política sobre os testes de proficiência.

## 4. Resultados e Discussões

### 4.1 Aquisição de alimentos da Agricultura Familiar e desempenho escolar

No Brasil, em 2017, 99,26% das escolas públicas participavam do PNAE, um total de 144.112 escolas. Na amostra para o 5º ano, 55,42% das escolas estão nos municípios que não cumprem a obrigatoriedade de aquisição de 30% para os alimentos da agricultura familiar, das quais 9,53% consomem 0%. Isso reflete

em mais de um milhão de alunos dessa grade. Em relação ao 9º ano, são 727.774 alunos que são atendidos com menos de 30% desse repasse.

A Tabela 1 identifica a diferença média entre o grupo dos municípios que cumprem a obrigatoriedade de aquisição mínima de 30% dos produtos da agricultura familiar e aqueles que não cumprem. Escolheu-se essa divisão entre os grupos para observar como estão perfiladas as características dos cumpridores e não cumpridores da política.

**Tabela 1** – Média das variáveis dependentes, do instrumento e de características do município com aquisição de alimentos da AF menor do que 30% ou maior igual a 30% em 2017.

Variável	5º ano			9º ano		
	Menos de 30% AF	Maior ou igual 30%	Diferença média	Menos de 30% AF	Maior ou igual 30%	Diferença média
Proficiência_MT	219,7	225,3	-5,659*** (-78,70)	252,2	258,1	-5,9*** (-66,47)
Proficiência_LP	210,6	215,3	-4,756*** (-63,38)	254,4	258,9	-4,518*** (-51,39)
DAP	278,9	367,5	-88,52*** (-110,11)	319,1	399,4	-80,29*** (-76,38)
PIB	32.594	28.832	3.761,7*** (104,9)	29.627	27.979	1.648*** (39,1)
Urbana	0,911	0,905	0,006*** (14,74)	0,908	0,905	0,002*** (4,78)
<b>Região</b>						
Norte	0,093	0,15	-0,057*** (-116,80)	0,089	0,337	-0,040*** (-72,15)
Nordeste	0,291	0,22	0,071*** (106,28)	0,347	0,429	0,104*** (124,01)
Sudeste	0,451	0,335	0,117*** (156,84)	0,404	0,472	0,068*** (77,49)
Sul	0,072	0,229	-0,157*** (-306,42)	0,057	0,408	-0,153*** (-259,95)
Centro-Oeste	0,092	0,066	0,026*** (62,71)	0,101	0,271	0,021*** (40,33)
<b>INSE</b>						
Nível 1	0,023	0,019	0,003*** (16,65)	0,033	0,022	0,010*** (32,95)
Nível 2	0,144	0,113	0,030*** (59,71)	0,156	0,120	0,035*** (56,30)
Nível 3	0,433	0,421	0,012*** (16,01)	0,439	0,434	0,004*** (5,15)
Nível 4	0,326	0,340	-0,013*** (-19,09)	0,305	0,324	-0,018*** (-21,87)
Nível 5	0,072	0,105	-0,032*** (-76,82)	0,064	0,098	-0,033*** (-68,57)
Nível 6	0,000	0,000	0,000 (10,88)	0,002	0,000	0,001*** (28,11)

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Estatísticas t entre parênteses. \* p<0,05, \*\* p<0,01, \*\*\* p<0,001.

Observa-se que os alunos dos municípios cumpridores da política possuem média das notas de português e matemática maior do que aqueles não cumpridores. Da mesma forma, a média de estabelecimentos da agricultura familiar com DAP por município é maior no grupo que cumpre a diretriz



da política, com valores de 367,5 e 399,4 para 5º e 9º anos, respectivamente, o que já dá indícios de que o instrumento estimula o tratamento. Apesar disso, a média do PIB per capita municipal é superior nos municípios não cumpridores, nos quais a média da população urbana é um pouco superior.

Entre as regiões geográficas, percebe-se que a região Sul, onde abriga a parcela mais capitalizada da agricultura familiar (BIANCHINI, 2015), possui o menor percentual médio de municípios não cumpridores da obrigatoriedade. Já a região Sudeste é a que apresenta maior média de municípios que cumprem os 30%. Isso se deve à concentração de estabelecimentos do Pronaf no estado de Minas Gerais e por ser a região com mais alunos, seguida do Nordeste. Em contraponto, nela também está a maioria dos alunos das entidades executoras que não cumprem a diretriz. De acordo com Bianchini (2015), apesar da evolução do Pronaf em todas as regiões do Brasil, o Programa ainda apresenta concentrações nas regiões mais desenvolvidas do país, o Sul e o Sudeste. Segundo o autor, percebe-se que é nessas regiões onde se concentra o maior Valor Bruto da Produção da agricultura familiar. Nesse sentido, embora a acessibilidade à política tenha aumentado entre os agricultores familiares, o valor desses contratos tem se mostrado mais concentrado no Centro-Sul brasileiro, em detrimento às regiões Norte e Nordeste. Essa última, principalmente, concentra a maior parcela de estabelecimentos da agricultura familiar, mas também a maior parcela de agricultores menos capitalizados e abaixo da linha da pobreza.

Destaca-se que as regiões Norte e Sul apresentaram diferença de médias negativa. Isso indica que há mais alunos nessas duas regiões recebendo o tratamento acima de 30%. Para região Sul, esse é um resultado esperado, dado que há concentração de agricultores familiares. Para a região Norte, no entanto, não era esperado, uma vez que, em comparação às outras regiões, ela não apresenta alta quantidade de estabelecimentos da agricultura familiar documentada nos dados do Censo Agropecuário. Analisando especificamente o Centro-oeste, por ser uma região com potencial dos grandes produtores do agronegócio, os agricultores familiares, relativamente aos das outras regiões, não tem tanta evidência. Por isso e pelo fato de ser a região com menor percentual de alunos, era de se esperar uma diferença positiva.

A maioria dos estudantes está concentrada nos Níveis Socioeconômicos (INSE) 3 e 4, tanto para o 5º, quanto para o 9º ano. Nesses níveis, o domicílio onde o aluno reside possui banheiro, dois a três quartos para dormir, televisão, geladeira, entre outros. A renda familiar mensal do nível 3 é entre 1 e 1,5 salários mínimos e os responsáveis completaram ensino fundamental ou médio. Já no nível 4, a renda é entre 1,5 e 3 salários mínimos do valor vigente em 2017 e os responsáveis têm ensino médio ou superior completo (INEP, 2015). Destaca-se que nenhum educando se enquadrou nos níveis 7 e 8.

Além das características dos municípios e nível socioeconômico dos alunos, considera-se como variáveis de controle as características dos professores, gestão e infraestrutura escolar, cujas estatísticas comparativas encontram-se no Apêndice (Tabela A1), onde pode-se perceber que as escolas são estatisticamente diferentes, dado o cumprimento do percentual mínimo de aquisições da AF.

#### **4.2 Resultados da relação entre aquisição de alimentos da Agricultura Familiar e desempenho escolar**

Nesta subseção, serão apresentados os principais resultados das estimações para a relação entre agricultura familiar e desempenho escolar. O primeiro passo é dar suporte estatístico ao argumento de endogeneidade, por meio do Teste Durbin-Wu-Hausman (DWH), que possui hipótese nula de que as estimativas de MQO e LATE são iguais, o que significa que o regressor de interesse é exógeno. Na Tabela 2, mostra-se que a hipótese nula é rejeitada em ambas as amostras e que, portanto, o regressor pode ser entendido como endógeno.

**Tabela 2** – Teste de Endogeneidade de Hausman.

Valores	Amostra do 5º ano	Amostra do 9º ano
Estatística F	238,8	85,4
P-valor	0,0000	0,0000
Resultado	Regressor endógeno	Regressor endógeno

Fonte: Resultados da pesquisa.

Em seguida, atestou-se a validação do instrumento DAP. As Tabelas 3 e 4 apresentam os coeficientes do primeiro estágio, os testes de subidentificação e de instrumento fraco para as amostras do

5º e 9º anos, respectivamente. O coeficiente do instrumento foi positivo e significativo em todas as especificações, demonstrando nenhuma variação, conforme a inclusão das variáveis de controle. A rejeição da hipótese nula de subidentificação confirma que a matriz é identificada e que, portanto, o instrumento é relevante ao nível de significância estatística de 1%. O R<sup>2</sup> parcial do modelo 4, com todos os controles, indica que o poder explicativo do instrumento sobre o regressor endógeno é de 0,7% para o grupo do 5º ano e 0,6% para o 9º ano. Apesar de serem valores baixos, não há consenso sobre o quão baixo deve ser esta estatística para concluir que o instrumento é fraco. No entanto, os Testes para Instrumento Fraco rejeitam essa hipótese com o viés de 10%. Além disso, o Teste LM (Stock-Wright) e o Teste de Wald (Anderson-Rubin) com inferência robusta também rejeitam a hipótese de instrumento fraco. Dessa forma, testifica-se que os estabelecimentos com DAP influenciam positivamente a aquisição de alimentos da agricultura familiar nas escolas beneficiadas pelo PNAE.

**Tabela 3** – Coeficientes e testes para a forma reduzida da participação da AF no PNAE - 5º ano EF.

Variáveis	(1)	(2)	(3)	(4)
DAP	0,003*** (0,000)	0,003*** (0,000)	0,003*** (0,000)	0,003*** (0,000)
Constante	24,84*** (0,163)	20,18*** (3,443)	6,778 (4,274)	5,308 (4,273)
Observações	1.764.334	1.764.334	1.764.334	1.764.334
R <sup>2</sup>	0,009	0,115	0,138	0,141
R <sup>2</sup> parcial	0,009	0,007	0,007	0,007
Estatística F	267,5	299,4	89,88	89,5
<b>Controles</b>				
Efeitos fixos e PIB	Não	Sim	Sim	Sim
Escola e professores	Não	Não	Sim	Sim
INSE	Não	Não	Não	Sim
<b>Teste de Subidentificação</b>				
Estatística LM	295,638***			
P-valor	0,000			
<b>Teste de Instrumento Fraco</b>				
	Valor crítico a máximo viés 10% - 16,38			
	Valor crítico a máximo viés 15% - 8,96			
	Valor crítico a máximo viés 20% - 6,66			
Cragg Donald – Estatística F	13.666,71			
Kleibergen-Paap – Estatística F	264,51			
<b>Teste de Instrumento Fraco – Inferência Robusta</b>				
Teste LM (Stock-Wright)	326,17***			
Teste de Wald (Anderson-Rubin)	300,25***			

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Erros padrão robustos entre parênteses. \*\*\* p<0,01, \*\* p<0,05, \* p<0,1. Erros padrão clusterizados por escola.

Após comprovar que o instrumento adotado é crível, foi estimado o efeito médio local para as notas de português e matemática nos testes do SAEB de 2017. Nas Tabelas 5 e 6 estão os resultados das estimações pelo LATE. A coluna 1 não inclui nenhuma variável de controle, enquanto na coluna 2 é inserido os efeitos fixos de região geográfica, localização urbana ou rural e dependência administrativa da escola, além do PIB municipal per capita. Já na especificação 3, foram adicionadas as variáveis características às escolas, como local onde funciona, se tem refeitório, despensa, cozinha, número de computadores, internet, biblioteca ou sala de leitura, ação de reprovação e reforço à aprendizagem, tamanho das turmas, percentual de docentes com ensino superior, percentual de adequação de docentes ao cargo e o ICGE. Por último, na especificação 4, foi incluído o INSE.

As estimativas evidenciam um efeito positivo para ambas as proficiências nos dois grupos de alunos. Os resultados para o 5º ano, na coluna 4, apontam que um aumento de 1 ponto percentual (p.p.) na aquisição de produtos da agricultura familiar eleva em 1,15 e 1,4 pontos nas proficiências de português e matemática, respectivamente. Já para o 9º ano, o aumento é de 0,9 e 1,2 pontos nos referidos testes.

**Tabela 4** – Coeficientes e testes para a forma reduzida da participação da AF no PNAE - 9º ano EF.

Variáveis	(1)	(2)	(3)	(4)
DAP	0,002*** (0,000)	0,002*** (0,000)	0,002*** (0,000)	0,002*** (0,000)
Constante	26,03*** (0,208)	23,68*** (3,264)	12,48** (5,101)	15,33*** (5,248)
Observações	1.205.926	1.205.926	1.205.926	1.205.926
R <sup>2</sup>	0,004	0,108	0,115	0,118
R <sup>2</sup> parcial	0,004	0,005	0,005	0,006
Estatística F	90,77	165,2	50,77	47,42
<b>Controles</b>				
Efeitos fixos e PIB	Não	Sim	Sim	Sim
Escola e professores	Não	Não	Sim	Sim
INSE	Não	Não	Não	Sim
<b>Teste de subidentificação</b>				
Estatística LM	145,231***			
P-valor	0,000			
<b>Teste de instrumento fraco</b>				
	Valor crítico a máximo viés 10% - 16,38			
	Valor crítico a máximo viés 15% - 8,96			
	Valor crítico a máximo viés 20% - 6,66			
Cragg Donald – Estatística F	7.362,512			
Kleibergen-Paap – Estatística F	127,405			
<b>Teste de instrumento fraco – Inferência robusta</b>				
Teste LM (Stock-Wright)	208,28 ***			
Teste de Wald (Anderson-Rubin)	186,2***			

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Erros padrão robustos entre parênteses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Erros padrão clusterizados por escola.

Os coeficientes apresentam um baixo impacto nas proficiências. Um motivo para esse resultado pode ser a baixa adesão do cumprimento da política nos municípios brasileiros. Pelas estatísticas descritivas citadas na subseção 4.1, viu-se que mais de 55% das escolas com alunos do 5º ano estão em municípios que não cumprem a obrigatoriedade de 30%, afetando mais de um milhão de alunos. Com a grade do 9º ano não é diferente. Mais de 700 mil alunos, estão em municípios não cumpridores. Elevar a participação dos municípios no cumprimento dessa diretriz do programa pode melhorar o desempenho dos estudantes.

A diferença entre as estimativas das provas e das séries ocorre porque cada exame captura habilidades diferentes. A adequação da formação dos professores é outro fator que influencia no efeito. Além disso, conforme a idade dos alunos aumenta, a decisão em demandar educação vai se transferindo para o estudante, tornando-se mais independente da decisão dos pais. Outro fator que pode interferir no menor coeficiente para os estudantes do 9º ano é a participação no mercado de trabalho, que prejudica a frequência às aulas.

Após a estimação do LATE, estimou-se a Função Dose-Resposta (FDR) e o Efeito Marginal do Tratamento (EMT). Devido à exigência metodológica do modelo, foram empregadas duas variáveis instrumentais.

**Tabela 5** – Coeficientes estimados pelo LATE para as notas de matemática e português dos alunos do 5º ano do EF no SAEB de 2017 – com o instrumento “estabelecimentos com Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP)”.

Variáveis	(1)	(2)	(3)	(4)
<b>PORTUGUÊS</b>				
PNAE_AF	-1,402*** (0,111)	1,187*** (0,1)	1,092*** (0,098)	1,154*** (0,094)
Constante	248,5*** (2,920)	186*** (4,319)	157,6*** (4,789)	145,1*** (5,199)
Observações	1.764.334	1.764.334	1.764.334	1.764.334
Estatística $\chi^2$	158,4	7.238	11.505	12.921
<b>MATEMÁTICA</b>				
PNAE_AF	-0,807*** (0,153)	1,551*** (0,17)	1,412*** (0,162)	1,404*** (0,148)
Constante	276*** (4,136)	265,7*** (7,984)	230,5*** (9,483)	212,9*** (10,36)
Observações	1.764.334	1.764.334	1.764.334	1.764.334
Estatística $\chi^2$	27,7	1.835	2.980	3.492
<b>Controles</b>				
Efeitos fixos e PIB	Não	Sim	Sim	Sim
Escola e professores	Não	Não	Sim	Sim
INSE	Não	Não	Não	Sim

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Erros padrão robustos entre parênteses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Erros padrão clusterizados por escola. Estimativas com peso amostral.

**Tabela 6** – Coeficientes estimados pelo LATE para as notas de matemática e português dos alunos do 9º ano do EF no SAEB de 2017 – com o instrumento “estabelecimentos com Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP)”.

Variáveis	(1)	(2)	(3)	(4)
<b>PORTUGUÊS</b>				
PNAE_AF	-1,136*** (0,162)	1,011*** (0,137)	0,914*** (0,13)	0,963*** (0,122)
Constante	286,4*** (4,379)	263,4*** (5,378)	219,6*** (6,671)	205*** (7,232)
Observações	1.205.926	1.205.926	1.205.926	1.205.926
Estatística $\chi^2$	49,22	2.740	4.497	5.112
<b>MATEMÁTICA</b>				
PNAE_AF	-0,841*** (0,157)	1,544*** (0,172)	1,409*** (0,151)	1,232*** (0,141)
Constante	279,3*** (4,277)	268,2*** (7,983)	249,6*** (8,44)	232*** (9,57)
Observações	1.205.926	1.205.926	1.205.926	1.205.926
Estatística $\chi^2$	28,52	1.753	35.336	40.630
<b>Controles</b>				
Efeitos fixos e PIB	Não	Sim	Sim	Sim
Escola e professores	Não	Não	Sim	Sim
INSE	Não	Não	Não	Sim

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Erros padrão robustos entre parênteses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Erros padrão clusterizados por escola. Estimativas com peso amostral.

Os instrumentos, número de estabelecimentos com DAP e total de estabelecimentos da agricultura familiar no município, mostraram-se válidos e fortes conjuntamente. O Teste de Sobreidentificação não foi rejeitado, com Estatística J de Hansen 0,865 e p-valor de 0,352. O Teste de Stock-Yogo rejeitou a hipótese de instrumento fraco, com máximo viés de 10%. A Tabela A2, no apêndice, apresenta esses resultados.

As Figuras 1 e 2 mostram que, na FDR, tanto para o 5º ano, quanto para o 9º ano, todo nível de adoção é estatisticamente significativo, pois não estaciona no zero. O intervalo de confiança mostrou-se preciso, pois não há grande distanciamento à curva do ATE.

Observa-se, para o 5º ano, que as curvas são crescentes, demonstrando que os pontos em proficiência aumentam conforme a dose de alimentos da agricultura familiar aumenta. Para o 9º ano, o comportamento do ATE é um pouco diferente a partir do nível de 60%, apresentando uma queda de rendimento a partir desse ponto. A razão dessa queda pode ser visualizada no EMT. Nota-se que, diferente das derivadas do 5º ano, o EMT do 9º ano para as duas proficiências tem rendimentos decrescentes, que se acentua a partir do nível de 60%. Já o EMT do 5º ano, tem funções convexas e os rendimentos melhoram a partir do ponto de 50%.

A partir dessas análises, os gráficos revelam a heterogeneidade do impacto do tratamento, principalmente em relação aos anos escolares. O motivo da diferença entre os efeitos do 5º e 9º ano perpassa no que já foi discutido anteriormente. Principalmente, ao levar em consideração que a faixa etária dos estudantes é diferente e o efeito de uma alimentação saudável em crianças menores, como o 5º ano, é maior do que em adolescentes ou adultos.

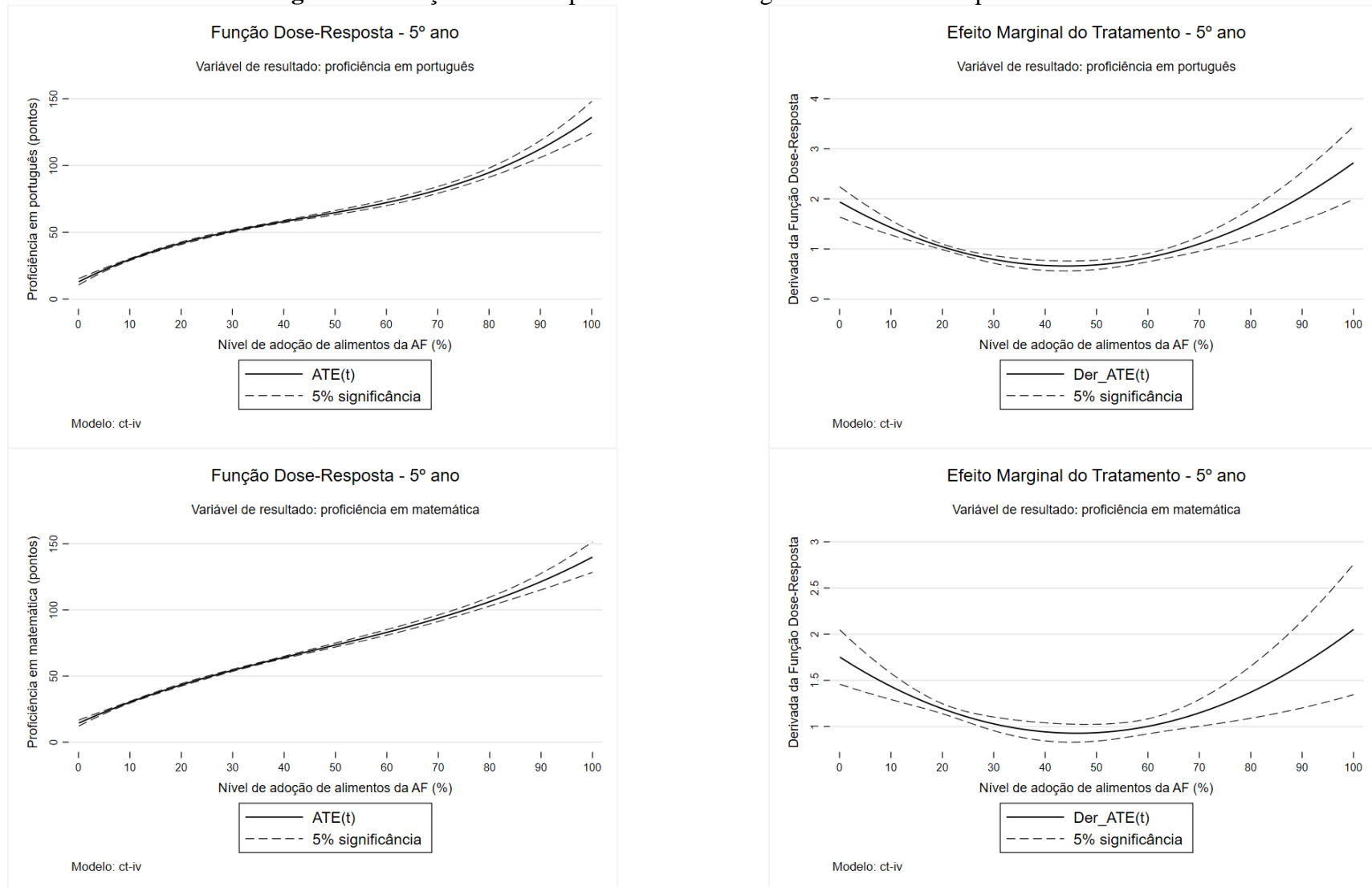
Avaliando a adoção de 30%, nível de aquisição exigido pelo PNAE, os alunos do 5º ano aumentam sua proficiência em 50 pontos, em português e matemática. Enquanto o 9º ano tem um aumento de 40 pontos em português e 50 em matemática. Dessa forma, o nível de adoção de 30% parece uma medida adequada. Porém, avaliando os resultados encontrados com a FDR e o EMT, o patamar de 60% se mostrou melhor, principalmente para o 9º ano.

Por fim, por meio dos resultados, infere-se que as merendas escolares ofertadas com alimentos da agricultura familiar, os quais contribuem para uma alimentação escolar saudável, favorecem o desempenho escolar, uma vez que a literatura mostra que alimentação escolar saudável favorece desempenho cognitivo, via segurança alimentar e nutricional. Essas evidências corroboram com os estudos que afirmam que uma alimentação infantil mais segura e saudável proporciona um aumento nas habilidades cognitivas e, por conseguinte, no desempenho escolar (SORHAINDO; FEINSTEIN, 2006; ALAIMO; OLSON; FRONGILLO, 2001; JYOTI; FRONGILLO; JONES, 2005).

Na literatura econômica nacional, correlação positiva também foi encontrada por Pereira, Da Costa Silva e Júnior (2021). Após controlarem as influências de recursos escolares e nível socioeconômico dos alunos, acharam efeito positivo e estatisticamente significativo na participação da agricultura familiar, apontando para um aumento de 0,37 pontos sobre o IDEB.

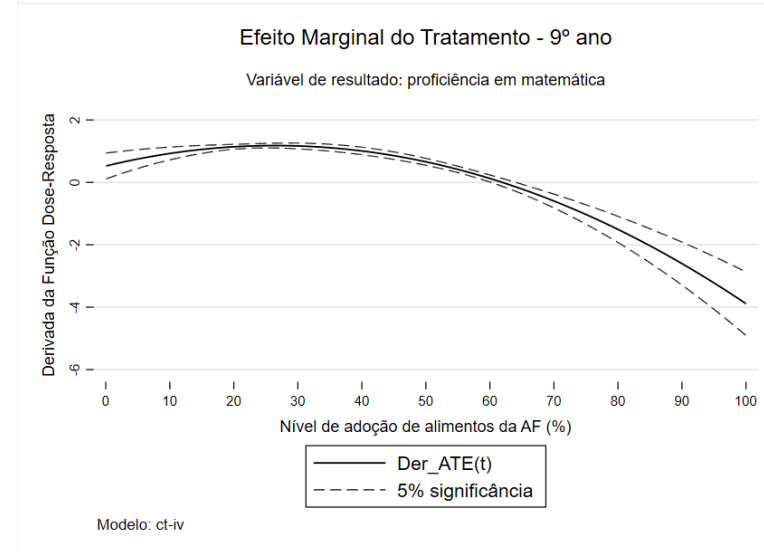
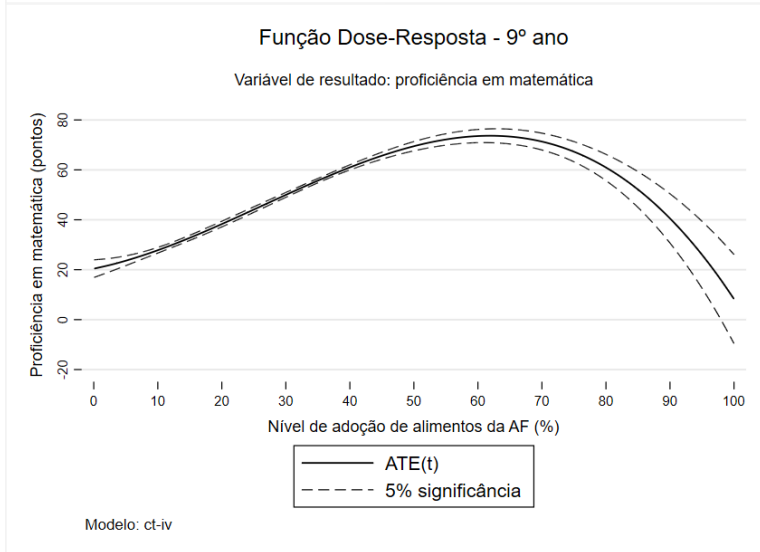
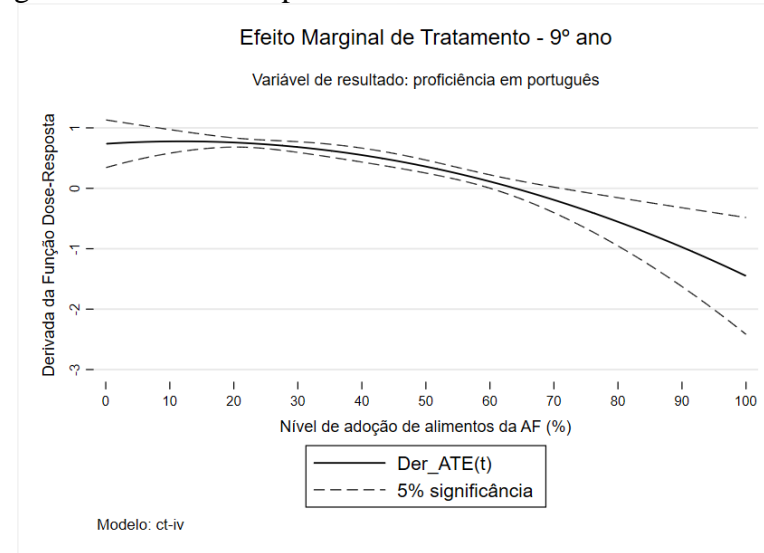
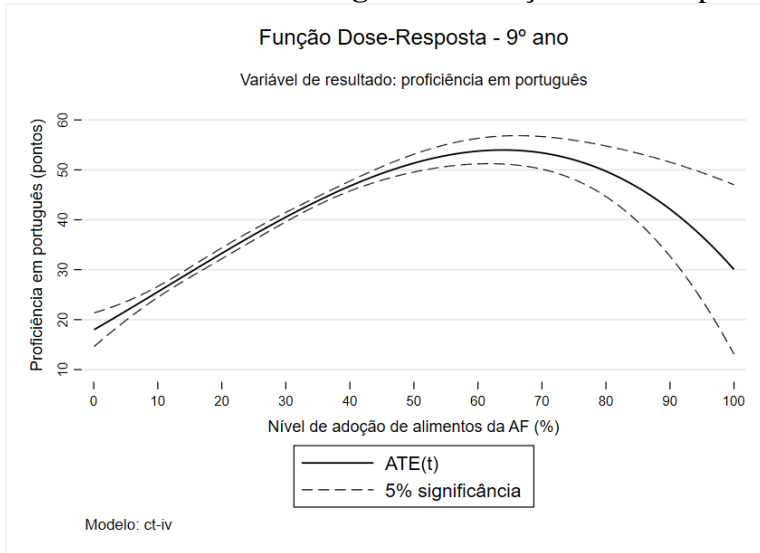
Em relação à literatura econômica internacional, os resultados estão em consonância aos encontrados por Anderson et al. (2018), em que avaliaram as pontuações dos estudantes nos testes estaduais da Califórnia (EUA). Diferente do presente trabalho, os dados disponíveis aos autores permitem a eles quantificarem uma medida de qualidade nutricional dos alimentos adquiridos nos contratos de produtores externos à escola. Enquanto neste estudo, embora não tenha sido possível quantificar a qualidade nutricional pela ausência de dados, entende-se que a compra de alimentos da agricultura familiar contribui para uma alimentação escolar segura e saudável, em virtude do menor ou nenhum processamento dos alimentos, como evidencia o trabalho de Teo (2017).

**Figura 1** – Função Dose-Resposta e Efeito Marginal do Tratamento para o 5º ano.



Fonte: Resultados da pesquisa.

**Figura 2 – Função Dose-Resposta e Efeito Marginal do Tratamento para o 9º ano.**



Fonte: Resultados da pesquisa.

## 5. Considerações Finais

O objetivo do estudo foi analisar o impacto do percentual do valor comprado em alimentos da agricultura familiar para o PNAE sobre o desempenho escolar, medido pelas proficiências em português e matemática nos exames do SAEB dos alunos do 5º e 9º anos do ensino fundamental. Foi aplicado o LATE com tratamento contínuo, a FDR e o EMT.

Os resultados permitiram inferir um efeito positivo entre o tratamento e o desempenho escolar. Eles mostram que um aumento de 1 ponto percentual (p.p.) no valor à compra de produtos da agricultura familiar eleva, em média, 1,15 e 1,4 pontos nas proficiências de português e matemática, de modo respectivo. Já para o 9º ano, o aumento é de 0,9 e 1,2 pontos. Os coeficientes aparentam ser robustos, pois a variação entre os coeficientes é muito pequena, tornando-os bem próximos.

As evidências apresentam validade interna para a população das escolas públicas. Também é possível dizer, por meio do instrumento adotado, que os resultados extrapolam e alcançam validade externa para outras populações, como as escolas privadas elegíveis, uma vez que, para participar de projetos de venda do programa, é necessário que o produtor apresente a Declaração de Aptidão ao Pronaf.

O estudo contribui para mostrar a importância do PNAE e da elaboração dos cardápios escolares com alimentos da agricultura familiar sobre o desempenho estudantil. Ele diferencia-se de outros trabalhos, incluindo a literatura internacional, ao analisar o efeito do componente da agricultura familiar do programa no desempenho escolar. As evidências também estimulam a conscientização sobre a importância da alimentação saudável para o desempenho educacional e econômico no Brasil, orientando o consumo das famílias e os comportamentos alimentares.

O estudo fornece sugestões úteis para o desenho da política, acerca do percentual ótimo de aquisição de alimentos da agricultura familiar. As evidências também contribuem lançando luz sobre as alterações que o Projeto de Lei 3.292 de 2020 pode submeter na Lei nº 11.947/09. Não seria eficiente retroceder os mecanismos de promoção a alimentação saudável com a aprovação do Projeto, que discute que, no mínimo, 40% do consumo de leite deve ser em sua forma fluida. Imputar essa rigidez no cardápio escolar desconsidera a autonomia dos profissionais de nutrição como responsáveis técnicos e pode dificultar seu trabalho, a execução do programa e a diversidade alimentar regional. O Projeto de Lei também estabelece a retirada da prioridade de compra dos alimentos oriundos de comunidades indígenas, quilombolas e assentamentos agrários, o que compromete o caráter econômico distributivo do programa, a inclusão dos produtores mais vulneráveis economicamente, como os agricultores do grupo Pronaf B, predominantes na região nordeste, e o desenvolvimento econômico local.

Com base nas evidências da FDR, indica-se alterar o percentual mínimo de compra de 30% para 60%, a fim de tornar esse mecanismo mais eficiente ao desempenho escolar. Para execução dessa sugestão, percebe-se a necessidade do estreitamento dos laços entre os programas destinados a esse público, como Pronaf, para que os agricultores, principalmente os menos capitalizados, tenham acesso ao mercado do PNAE. Para trabalhos futuros, recomenda-se a análise conjunta entre agricultura familiar e profissionais de nutrição, quando forem divulgados os dados das aquisições de alimentos da agricultura familiar para 2019.

## REFERÊNCIAS

- ABEBE, F. et al. Predictors of academic performance with due focus on under-nutrition among students attending primary schools of Hawa Gelan district, Southwest Ethiopia: a school based cross sectional study. **BMC Nutrition**, v. 3, n. 30, 2017.
- ALAIMO, K.; OLSON, C. M.; FRONGILLO, E. A. Food insufficiency and American school-aged children's cognitive academic and psychosocial development. **Pediatrics**, n.108 (1), p. 44-53, 2001.
- ALBUQUERQUE NETO, L. C. et al. **Programa Nacional de Alimentação Escolar como Incentivo Educacional na cidade de Aracati (CE)**, 2015.
- ANDERSON, M. L. et al. School meal quality and academic performance. **Jornal of Public Economics**, n.168, p. 81-93, 2018.
- BELACHEW, T. et al. Food insecurity, school absenteeism and educational attainment of adolescents in Jimma Zone Southwest Ethiopia: A longitudinal study. **Nutrition Journal**, v. 10, p. 1-9, 2011.



BELOT, M.; JAMES, J. Healthy school meals and educational outcomes. **Journal of Healthy Economics**, n. 30, p. 489-504, Mar. 2011.

BENTON, D. The influence of dietary status on the cognitive performance of children. **Mol. Nutr. Food Res.**, v. 54, p. 457–470, 2010.

BERNAL, J. Food insecurity in children but not in their mothers is associated with altered activities, school absenteeism, and stunting. **The Journal of nutrition**, v. 144, n. 10, p. 1619–1626, 2014.

BIANCHINI, V. **Vinte anos do Pronaf, 1995-2015: avanços e desafios**. Brasília: SAF/MDA, 2015.

BRASIL. **Lei nº 11947, de 16 de junho de 2009**. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica. Brasília, DF: Presidência da República, 2009.

\_\_\_\_\_. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE. **Resolução CD/FNDE nº 06, de 08 de maio de 2020**. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica no âmbito do Programa Nacional de Alimentação Escolar - PNAE. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 de maio de 2020.

CERULLI, G. Ctreatreg: Command for fitting dose-response models under exogenous and endogenous treatment. **Stata Journal**, v. 15, n.4, p. 1019-1045, 2015.

FNDE. Portal do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, 2017. **PNAE Histórico**.

FRISVOLD, D. E. Nutrition and cognitive achievement: An evaluation of the School Breakfast Program. **Journal of Public Economics**, n. 124, p. 91-104, Dec. 2015.

GLEWWE, P.; JACOBY, H.; KING, E. Early childhood nutrition and academic achievement: A longitudinal analysis. **Journal of Public Economics**, n. 81, p.345-368, 2001.

GOMES, S. M. F.; CAVALCANTI, T.; MAGALHÃES, A. M. Qual a relação entre a merenda escolar e o desempenho de escolas públicas brasileiras? **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 4, n. 1, 9 fev. 2015.

GOMES, L. et al. Impactos do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) sobre as escolas públicas no nordeste brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 52, n. 2, p. 103-120, 2021.

HAMID J. J. M. et al. Effect of gender and Nutritional status on Academic achievement and cognitive function among primary school children in a rural District in Malaysia. **Mal J Nutri**, v. 17, p. 189-200, 2011.

HANUSHEK, E. A.; WOESSMANN, L. Education and economic growth. **International Encyclopedia of Education**, v. 2, p. 245-252, 2010.

IMBENS, G. W.; ANGRIST, J. D. Identification and Estimation of Local Average Treatment Effects. **Econometrica**, v. 62, n. 2, pp. 467-475, Mar. 1994.

IMBERMAN, S. A.; KUGLER, A. The effect of providing breakfast on achievement and attendance: Evidence from an in-class breakfast program. **Journal of Policy Analysis and Management**, n. 33, 2014.

INEP. Portal do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), 2015. **Nota Técnica – Indicador de Nível Socioeconômico (INSE) 2015**.

JYOTI, D. F.; FRONGILLO, E. A.; JONES, S. J. Food insecurity affects school childrens academic performance, weight gain, and social skills. **Journal of Nutrition**, n. 135, p. 2831-2839, 2005.

KOSZEWSKI, W.; SEHI, N. Nutrition for the school-aged child. Neb Guide series, 2012.

NAGY, Z.; WESTERBERG, H.; KLINGBERG, T. Maturation of white matter is associated with the development of cognitive functions during childhood. **J. Cogn. Neurosci**, v. 16, p. 1227-1233, 2004.

NAIK, S. R.; ITAGI, S. K.; PATIL, M. Relationship between nutrition status, intelligence and academic performance of Lambani school children of Bellary district, Karnataka. **Int J Farm Sci**, v. 5, p. 259-267, 2015.

NOLL, P. R. et al. Ultra-processed food consumption by Brazilian adolescents in cafeterias and school meals. **Scientific Reports**, v.9, n.7162, 2019.

NYARADI, A. et al. The role of nutrition in children's neurocognitive development, from pregnancy through childhood. **Front Hum Neurosci**, v. 7, p. 1-16, 2013.

OLIVEIRA, M. C. et al. **Orientações para os gestores: Novas perspectivas sobre o PNAE**. Viçosa, MG: UFV, DNS, 2021.

PEREIRA, A. C. D.; DA COSTA SILVA, M. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. Alimentação e desempenho escolar: uma avaliação da influência do PRONAF sobre os resultados do IDEB. *In: Anais do 59º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER) & 6º Encontro Brasileiro de Pesquisadores em Cooperativismo (EBPC)*. **Anais...** Brasília (DF) UnB, 2021.

PONTILI, R. M.; KASSOUF, A. L. Fatores que afetam a frequência e o atraso escolar, nos meios urbano e rural, de São Paulo e Pernambuco. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, n. 1, p. 27-47 jan./mar. 2007.

ROUSTIT, C. et al. Food insecurity: Could school food supplementation help break cycles of intergenerational transmission of social inequalities? **Pediatrics**, v. 126, n. 6, p. 1174–1181, 2010.

SORHAINDO, A.; FEINSTEIN, L. What is the relationship between child nutrition and school outcomes? **Wider Benefits of Learning Research Report n. 18**, London: Centre for Research on the Wider Benefits of Learning, 2006.

TEO, C. R. P. The partnership between the Brazilian School Feeding Program and family farming: a way for reducing ultra-processed foods in school meals. **Public Health Nutrition**, n. 20, v. 1, p. 230-237, 2017.

WINICKI, J.; JEMISON, K. Food insecurity and hunger in the kindergarten classroom: Its effect on learning and growth. **Contemporary Economic Policy**, v. 21, n. 2, p. 145–157, 2003.

## APÊNDICE

**Tabela A1** – Média das características dos professores, gestão escolar e recursos escolares, nos municípios com aquisição de alimentos da AF menor do que 30% ou maior igual a 30% em 2017.

Variável	5º ano			9º ano		
	Menos de 30% AF	Maior igual 30%	Diferença média	Menos de 30% AF	Maior igual 30%	Diferença média
<b>Professores</b>						
Adequação	66,80	70,12	-3,32*** (-90,71)	59,34	61,01	-1,66*** (-42,53)
Ensino Superior	83,03	85,13	-2,10*** (-65,05)	91,99	92,67	-0,68*** (-29,07)
Reforço	0,907	0,900	0,007*** (15,43)	1,891	1,884	0,007*** (12,27)
<b>Ação contra abandono</b>						
<b>Não, mas:</b>						
Há o problema	0,034	0,026	0,007*** (27,99)	0,033	0,028	0,005*** (16,82)
Não há	0,187	0,218	-0,030*** (-50,69)	0,073	0,072	0,001* (2,12)
<b>Sim e com resultados:</b>						
Insatisfatórios	0,306	0,284	0,022*** (32,15)	0,426	0,427	-0,001 (-1,82)
Satisfatórios	0,399	0,406	-0,007*** (-10,33)	0,377	0,386	-0,008*** (-10,06)
Não avaliado	0,073	0,064	0,008*** (22,66)	0,090	0,086	0,004*** (8,08)
<b>Ação contra reprovação</b>						
<b>Não, mas:</b>						
Há o problema	0,020	0,017	0,002*** (14,23)	0,015	0,013	0,002*** (12,62)
Não há	0,033	0,033	-0,000 (-0,18)	0,008	0,009	-0,001*** (-5,96)
<b>Sim e com resultados:</b>						
Insatisfatórios	0,333	0,333	-0,000 (-0,32)	0,388	0,395	-0,007*** (-8,07)
Satisfatórios	0,491	0,495	-0,004*** (-5,28)	0,460	0,459	0,000 (0,68)
Não avaliado	0,122	0,121	0,001** (2,67)	0,128	0,123	0,004*** (7,96)
<b>ICGE</b>						
Nível 1	0,020	0,026	-0,006*** (-26,87)	0,002	0,002	-0,000*** (-4,98)
Nível 2	0,286	0,298	-0,012*** (-17,36)	0,029	0,026	0,003*** (9,97)
Nível 3	0,303	0,317	-0,014*** (-19,88)	0,289	0,298	-0,008*** (-10,58)
Nível 4	0,097	0,104	-0,006*** (-14,29)	0,270	0,292	-0,021*** (-26,40)
Nível 5	0,180	0,163	0,017***	0,255	0,239	0,015***

Continua

			(29,56)			Conclusão (19,85)
Nível 6	0,113	0,091	0,021*** (46,64)	0,155	0,143	0,012*** (18,73)
<b>Escola</b>						
Computadores	16,210	17,420	-1,210*** (-43,81)	19,40	21,44	-2,036*** (-54,76)
Prédio	0,996	0,998	-0,002*** (-21,08)	0,998	0,999	-0,001*** (-16,86)
Refeitório	0,535	0,582	-0,046*** (-61,37)	0,489	0,535	-0,045*** (-50,08)
Dispensa	0,764	0,754	0,009*** (14,5)	0,733	0,692	0,041*** (50,42)
Cozinha	0,988	0,990	-0,002*** (-13,78)	0,983	0,980	0,002*** (9,18)
Prisional	0,002	0,003	-0,000*** (-9,11)	0,006	0,007	-0,000** (-2,67)
Internet	0,878	0,913	-0,034*** (-73,10)	0,913	0,936	-0,022*** (-46,55)
Biblioteca	0,766	0,775	-0,009*** (-14,04)	0,868	0,890	-0,022*** (-36,78)
Tamanho da turma	28,80	27,77	1,029*** (122,58)	32,22	31,31	0,917*** (73,2)
<b>Dependência Administrativa</b>						
Federal	0,001	0,000	0,000*** (-14,82)	0,002	0,001	0,001*** (20,04)
Estadual	0,213	0,192	0,021*** (35,2)	0,519	0,583	-0,063*** (-69,76)
Municipal	0,786	0,808	-0,022*** (-36,17)	0,478	0,416	0,061*** (67,92)

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Estatísticas t entre parênteses. \* p<0,05, \*\* p<0,01, \*\*\* p<0,001.

**Tabela A2** – Testes de validade e força dos instrumentos.

<b>Teste de Sobreidentificação</b>	
Estatística J de Hansen - 0,865	P-valor 0,352
<b>Teste de Instrumento Fraco – Stock-Yogo</b>	
Valor crítico a máximo viés 10% - 19,93	
Valor crítico a máximo viés 15% - 11,59	
Valor crítico a máximo viés 20% - 8,75	
Cragg Donald – Estatística F	7.242,501
Kleibergen-Paap – Estatística F	136,658
<b>Teste de Instrumento Fraco – Inferência Robusta</b>	
Teste LM (Stock-Wright)	310,93***
Teste de Wald (Anderson-Rubin)	150,91***

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Erros padrão clusterizados por escolar. \* p<0,05, \*\* p<0,01, \*\*\* p<0,001.