OPEN SCIENCE REVIEW21
ISSN 3086-4089

v.1, n.2, 2026

DISPOSITIVOS COM VÁLVULA DOSADORA (VÁLVULA PUMP): UMA ALTERNATIVA PROMISSORA PARA A DOSAGEM SEGURA DE CREME DENTAL

PUMP-VALVE DEVICES: A PROMISING ALTERNATIVE FOR SAFE TOOTHPASTE DOSING

DISPOSITIVOS CON VÁLVULA DOSIFICADORA: UNA ALTERNATIVA PROMETEDORA PARA LA DOSIFICACIÓN SEGURA DE DENTÍFRICO

Daiane Monique Lira de França [1], Mayumi Souza Nishiuchi [2], Flávia Martão Flório [3], Ynara Bosco de Oliveira Lima-Arsati [4]

e1212
https://doi.org/10.66649/bx6vff24

PUBLICADO: 08/2026

RESUMO

A padronização da quantidade de creme dental utilizada por crianças pode reduzir a variabilidade da dose e a ingestão involuntária de fluoreto, o que é importante quando se considera o risco de fluorose dentária. O objetivo do estudo foi avaliar a massa de creme dental dispensada por dois tamanhos de válvulas dosadoras: PEQUENA (0,1 mL) e GRANDE (1,5 mL), considerando diferentes marcas e períodos de armazenamento. Realizou-se um estudo *in vitro* com delineamento fatorial: quatro marcas de creme dental (COL, EVEN-P, EVEN-G e TAN), e três períodos de armazenamento (inicial, 14 e 21 dias), em duas válvulas dosadoras (PEQUENA: 0,1 mL e GRANDE: 1,5 mL). Foram mensuradas dez amostras por combinação, totalizando 240 observações. Os dados foram expressos como média e desvio-padrão do peso de creme dental (g). Para cada válvula, os efeitos da marca e do armazenamento foram avaliados por análise de variância (ANOVA 2 fatores) + teste de Tukey, adotando-se $p < 0,05$ como limite de significância. A válvula PEQUENA dispensou entre 0,084 e 0,177 g de creme dental, mantendo as médias abaixo da quantidade de referência de 0,3 g. Foram encontradas diferenças significativas entre marcas e períodos. TAN apresentou médias iguais ou inferiores a 0,1 g e não demonstrou diferença temporal significativa, embora sua variabilidade tenha aumentado no dia 21. A válvula GRANDE dispensou entre 0,573 e 1,614 g de creme dental. COL apresentou valores significativamente inferiores aos das demais marcas, enquanto TAN demonstrou aumento progressivo durante o armazenamento. Pode-se concluir que a válvula pump de 0,1 mL (PEQUENA) apresentou potencial para controlar a quantidade de dentifrício dispensada na escova de dentes para crianças. Entretanto, a influência da formulação e do armazenamento demonstra que a capacidade nominal da válvula, isoladamente, não garante padronização da quantidade dispensada.

PALAVRAS-CHAVE: Fluorose Dentária; Dentifrícios; Cárie Dentária; Fluoretos; Escovação Dentária; Odontopediatria.

ABSTRACT

Standardizing the amount of toothpaste used by children may reduce dose variability and unintentional ingestion of fluoride, which is important considering dental fluorosis risk. This study aimed to evaluate the amount of toothpaste dispensed by two different pump valves (SMALL and LARGE), according to toothpaste brand and storage period. An in vitro study with a factorial design was conducted using four toothpastes brands (COL, EVEN-P, EVEN-G and TAN) and three storage periods (baseline, 14 days and 21 days) with two metered pump valves of 0.1 (SMALL) and 1.5 mL (LARGE). Ten samples were measured for each experimental combination, totaling 240 observations. Data were expressed as means and standard deviations. For each pump valve, the effects of toothpaste brand and storage period were assessed using two-way analysis of variance followed by Tukey's test, with the significance level set at $p<0.05$. The SMALL valve dispensed between 0.084 and 0.177 g of toothpaste, with all mean values remaining below the reference amount of 0.3 g. Significant differences were observed among

[1] DDS, Graduate student in Dentistry, State University of Feira de Santana.
[2] DDS, Graduate student in Dentistry, State University of Feira de Santana.
[3] DDS, MS, PhD in Dentistry, State University of Feira de Santana.
[4] DDS, MS, PhD in Dentistry, State University of Feira de Santana. ynara@uefs.br UEFS – Av. Transnordestina, s/n. Bairro Novo Horizonte, Feira de Santana, Bahia, Brasil. ZIP CODE: 44036-900. Phone/Fax: (+55) 75 3161-8019.

This article is published as Open Access under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author and source are credited.

brands and storage periods. TAN presented mean values equal to or lower than 0.1 g and showed no significant temporal difference, although its variability increased on Day 21. The LARGE pump valve dispensed between 0.573 and 1.614 g of toothpaste. COL produced significantly lower values than the other brands, whereas TAN showed a progressive increase during storage. It may be concluded that the 0.1-mL valve (SMALL) showed potential for controlling the amount of toothpaste dispensed in the toothbrush for children. However, the influence of formulation and storage indicates that the nominal valve capacity alone does not ensure standardization of the dispensed amount.
KEYWORDS: *Fluorosis, Dental; Toothpaste; Dental Caries; Fluorides; Toothbrushing; Pediatric Dentistry.*

RESUMEN
Estandarizar la cantidad de pasta dental utilizada por los niños puede reducir la variabilidad de la dosis y la ingestión involuntaria de flúor, lo cual es importante al considerar el riesgo de fluorosis dental. El objetivo de este estudio fue evaluar la masa de pasta dental dispensada por válvulas dispensadoras de 0,1 mL (PEQUEÑA) y 1,5 mº~L (GRANDE), considerando la marca y el período de almacenamiento. Se realizó un estudio factorial in vitro que incluyó cuatro pastas dentales (COL, EVEN-P, EVEN-G y TAN) y tres períodos de evaluación (inicial, 14 días y 21 días), utilizando dos válvulas dispensadoras (0,1 mL y 1,5 mL). Se midieron diez réplicas para cada combinación experimental, totalizando 240 observaciones. Los datos se expresaron como medias y desviaciones estándar en gramos de pasta dental. Para cada válvula, los efectos de la marca y el período de almacenamiento se evaluaron utilizando un análisis de varianza de dos vías seguido de la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0,05. La válvula de 0,1 mL (PEQUEÑA) dispensó entre 0,084 y 0,177 g de pasta dental, con todos los promedios por debajo de la cantidad de referencia de 0,3 g. Se observaron diferencias significativas entre marcas y periodos de almacenamiento. La pasta dental TAN mostró valores promedio iguales o inferiores a 0,1 g y no presentó diferencias significativas a lo largo del tiempo, aunque su variabilidad aumentó el día 21. La válvula de 1,5 mL (GRANDE) dispensó entre 0,573 y 1,614 g de pasta dental. La válvula COL mostró valores significativamente inferiores a los de las otras marcas, mientras que la válvula TAN mostró un aumento progresivo durante el almacenamiento. Se concluye que la válvula de 0,1 mL (PEQUEÑA) demostró potencial para controlar la cantidad de pasta dental dispensada a los niños. Sin embargo, la influencia de la formulación y el almacenamiento indica que la capacidad nominal de la válvula, por sí sola, no garantiza la estandarización de la cantidad dispensada.
PALABRAS-CLAVE*: Fluorosis Dental; Dentífricos; Caries Dental; Fluoruros; Cepillado de los Dientes; Odontopediatría.*

1- INTRODUÇÃO

Os dentifrícios fluoretados são reconhecidos mundialmente como o veículo mais eficaz para o aporte diário de fluoreto (F), desempenhando um papel fundamental no declínio significativo da cárie dentária nas últimas décadas (Cury e Tenuta, 2014; Lima e Cury, 2001). No Brasil, a fluoretação universal dos cremes dentais em 1989 é considerada um marco de grande relevância para a saúde pública (Cury et al., 2004; Fluoretos, 2009). No entanto, crianças na primeira infância constituem uma população vulnerável devido ao domínio incompleto do reflexo de deglutição, o que leva à ingestão involuntária de frações expressivas do dentifrício aplicado durante a escovação dentária (Lima e Cury, 2001; Lima-Arsati et al., 2018).

Pesquisas indicam que crianças na faixa etária crítica para o desenvolvimento da fluorose podem ingerir aproximadamente 70% do dentifrício colocado na escova, o que frequentemente resulta

This article is published as Open Access under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author and source are credited.

em uma ingestão total de fluoreto superior ao limite de segurança de 0,05 a 0,07 mg F/kg/dia (Burt, 1992; Lima-Arsati et al., 2018; Omena et al., 2006).

A fluorose dentária é um defeito de desenvolvimento do esmalte decorrente da exposição crônica e cumulativa ao excesso de fluoreto durante a amelogênese (DenBesten, 1999; Saldarriaga et al., 2021). O mecanismo biológico envolve uma hipomineralização subsuperficial causada pelo atraso na remoção das proteínas da matriz do esmalte durante a fase de maturação, o que leva ao aumento da porosidade (DenBesten, 1999; Fluoretos, 2009). No Brasil, dados epidemiológicos do levantamento SB Brasil 2003 revelaram uma prevalência de fluorose de 8,5% entre escolares de 12 anos, com apenas 0,7% apresentando formas moderadas ou severas (Fluoretos, 2009). No levantamento nacional de 2010, embora 16,7% dos jovens de 12 anos apresentassem algum sinal de fluorose, a maioria foi classificada como questionável ou muito leve, e os casos moderados mantiveram-se em reduzidos 1,5% (SB Brasil, 2010; Cury e Tenuta, 2014). A despeito dessas médias nacionais reduzidas, as disparidades regionais são marcantes; em áreas tropicais como Penedo, Alagoas, constatou-se que aproximadamente 96% das crianças excediam o limite diário seguro de fluoreto, em grande parte devido ao uso inadequado de creme dental (Lima-Arsati et al., 2018; Omena et al., 2006).

O intervalo entre 20 e 30 meses de idade é identificado como o período crítico para os incisivos centrais superiores permanentes, dentes de suma importância estética (Evans e Darvell, 1995; DenBesten, 1999). Durante essa janela, o esmalte apresenta elevada suscetibilidade aos desafios impostos pelo F (Evans e Darvell, 1995; Lima-Arsati et al., 2018). Para equilibrar a alta eficácia preventiva contra a cárie do F com a segurança sistêmica, diretrizes clínicas vêm recomendando o uso de quantidades pequenas e controladas de dentifrício (contendo no mínimo 1.000 ppm de F) desde a erupção do primeiro dente (Cury e Tenuta, 2014; Toumba et al., 2019; Lima-Arsati et al., 2018).

A despeito dessas diretrizes clínicas claras, a padronização visual dessas porções — utilizando terminologias como "grão de arroz" (0,1 g) ou "tamanho de uma ervilha" (0,25 g) — permanece de difícil replicação por pais e cuidadores (Sudradjat et al., 2024; Lima-Arsati et al., 2018). Estudos demonstram que os pais frequentemente superdosam o dentifrício, aplicando quantidades de 5,9 a 7,2 vezes superiores à porção de referência equivalente a um grão de arroz (Sudradjat et al., 2024; Chedid et al., 2020). Essa falta de precisão é agravada pelo design dos tubos de dentifrício convencionais, cujos orifícios amplos e circulares (tipicamente de 7,4 a 8,0 mm) não foram projetados para a dispensação volumétrica precisa de quantidades tão reduzidas (Olmez et al., 2004; Chedid et al., 2020). Mesmo os cuidadores familiarizados com as diretrizes costumam aplicar quantidades excessivas, sugerindo que instruções verbais ou escritas, por si sós, são insuficientes para garantir a segurança sistêmica (Chen et al., 2018; Sudradjat et al., 2024).

Nesse contexto, a implementação de sistemas de dispensação mecânica surge como uma alternativa tecnológica promissora para eliminar a interpretação subjetiva de pistas visuais e assegurar uma dose mais consistente e segura (Chedid et al., 2020; Sudradjat et al., 2024). Alguns fabricantes de embalagens que incorporam o mecanismo de válvula pump indicam um fluxo volumétrico fixo para determinados modelos, confirmando que essas embalagens podem entregar uma dose padronizada a cada acionamento (Cernic et al., 2018). Embalagens com válvula pump de diferentes dimensões são

This article is published as Open Access under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author and source are credited.

comumente utilizadas para cosméticos, como sabonetes líquidos, cremes, loções e álcool em gel, devido à sua praticidade, segurança e capacidade de conservação do produto por meio da dispensação controlada (Cernic et al., 2018).

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a adaptação de dispositivos com válvula dosadora (*pump-valve*) para a dispensação de quantidades adequadas e seguras de dentifrício para crianças na faixa etária crítica para a fluorose dentária.

2- MÉTODOS

Desenho Experimental

Este estudo experimental in vitro avaliou a precisão e a consistência da dispensação de dentifrício utilizando um delineamento fatorial. As variáveis independentes consistiram em: Capacidade de fluxo da válvula dosadora (*pump-valve*) em dois níveis: Pequena (0,1 mL) e Grande (1,5 mL);Tempo de armazenamento em três intervalos: Baseline (inicial/imediatamente após o preenchimento), 14 dias e 21 dias; Dentifrício em quatro formulações comerciais distintas. Para assegurar a robustez estatística, foram realizadas 10 réplicas independentes para cada combinação experimental de tempo de armazenamento e dentifrício.

Procedimentos e Materiais

Os dispositivos com válvula dosadora (*pump-valve*) utilizados neste estudo consistem em um corpo em formato de tampa integrado a um mecanismo de fixação ao frasco. O sistema de dispensação é acionado pelo pressionamento do botão (*push-button*), que se estende para o interior do reservatório, impulsionando uma descarga volumétrica controlada a cada acionamento. Essa abordagem mecânica visa superar a variabilidade inerente aos métodos tradicionais de dosagem visual, tais como as recomendações de "tamanho de uma ervilha" ou "grão de arroz".

Foram avaliados os seguintes dentifrícios comerciais, amplamente consumidos no mercado brasileiro:

- **COL:** Colgate Máxima Proteção Anticáries® (Colgate-Palmolive, São Bernardo do Campo, Brasil; lote 8010BR121J; 1.450 ppm F, NaF/sílica);
- **EVEN-P:** Creme Dental Even® com Flúor e Cálcio (Grupo Raymundo da Fonte, Paulista, Brasil; lote 116; 1.100 ppm F);
- **EVEN-G:** Gel Dental Even® 2 em 1 (Grupo Raymundo da Fonte, Paulista, Brasil; 1.100 ppm F);
- **TAN:** Colgate Tandy® (Colgate-Palmolive, São Bernardo do Campo, Brasil; lote 7353BR123K; 1.100 ppm F, NaF/sílica).

As mensurações da massa do dentifrício dispensado (g) foram registradas em balança de analítica de precisão após a atuação do dispositivo em cada um dos três tempos experimentais.

This article is published as Open Access under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author and source are credited.

Análise Estatística

O processamento estatístico foi realizado no programa BioEstat 5.0. Os dados foram inicialmente sumarizados por meio de medidas de tendência central e dispersão. A influência dos fatores "tempo de armazenamento" e "marca do dentifrício" sobre a massa dispensada foi avaliada por meio de análise de variância a dois fatores (ANOVA dois fatores) para cada tamanho de válvula dosadora (*pump-valve*).

Para as comparações subsequentes no âmbito de cada fator independente, empregou-se a ANOVA a um fator seguida pelo teste post-hoc de Tukey. O limite para significância estatística foi estabelecido em $p < 0,05$.

3- RESULTADOS

Resultados — Dispositivo com Válvula Pequena (0,1 mL)

Diferenças significativas na massa de dentifrício dispensada foram observadas em função da marca do dentifrício e do tempo de armazenamento ($p < 0,05$), embora a direção e a magnitude dessas diferenças tenham dependido do tamanho da válvula e da marca do produto.

O dispositivo com válvula dosadora (*pump-valve*) pequena (0,1 mL) dispensou consistentemente menos de 0,3 g em todas as condições experimentais, com valores médios variando entre 0,084 e 0,177 g. No período inicial (baseline), a massa dispensada variou de 0,090 ± 0,012 g para a marca TAN a 0,160 ± 0,013 g para a marca EVEN-P.

A marca COL produziu uma massa significativamente maior no Dia 21 (0,131 ± 0,018 g) do que nos Dias 0 e 14, ao passo que a marca EVEN-P aumentou de 0,160 ± 0,013 g no baseline para 0,177 ± 0,006 g no Dia 21, apresentando o Dia 14 um valor intermediário. A marca EVEN-G exibiu uma redução transiente no Dia 14, seguida de recuperação no Dia 21.

A marca TAN foi a única sem diferenças temporais significativas, mantendo valores médios ≤ 0,1 g ao longo de todo o estudo. No entanto, sua variabilidade relativa aumentou no Dia 21. Embora todos os valores tenham permanecido abaixo do limite seguro de 0,3 g, a variação observada entre os dentifrícios indica que a válvula pump não assegurou necessariamente a padronização completa da dose.

Tabela 1. Média ± desvio padrão da massa de dentifrício (g) dispensada pelo dispositivo com válvula dosadora (*pump-valve*) pequena (0,1 mL) em função da marca do dentifrício e do tempo de armazenamento.

PEQUENA	COL	EVEN-P	EVEN-G	TAN
DIA 0	0,101 Aa ± 0,014	0,160 Ca ± 0,013	0,141 Bb ± 0,019	0,090 Aa ± 0,012
DIA14	0,086 Aa ± 0,026	0,165 Bab ± 0,015	0,094 Aa ± 0,013	0,084 Aa ± 0,007
DIA 21	0,131 Bb ± 0,018	0,177 Cb ± 0,006	0,125 Bb ± 0,011	0,096 Aa ± 0,029

Valores seguidos por letras maiúsculas distintas indicam diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) entre as marcas de dentifrício (ANOVA + Tukey). Valores seguidos por letras minúsculas distintas indicam diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) entre os tempos de armazenamento (ANOVA + Tukey).

This article is published as Open Access under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author and source are credited.

Resultados — Dispositivo com Válvula Grande (1,5 mL)

O dispositivo com válvula dosadora (*pump-valve*) grande (1,5 mL) dispensou mais de 0,3 g sob todas as condições experimentais testadas, com valores médios variando entre 0,573 e 1,614 g.

As marcas EVEN-P, EVEN-G e TAN produziram massas estatisticamente semelhantes em cada período de armazenamento e dispensaram quantidades mais próximas da capacidade nominal da válvula, variando de 1,342 ± 0,186 g a 1,614 ± 0,191 g.

Em contrapartida, a marca COL dispensou consistentemente massas significativamente menores do que as demais marcas, apresentando um aumento transiente de 0,573 ± 0,107 g no baseline para 0,882 ± 0,234 g no Dia 14, seguido de um retorno para 0,593 ± 0,162 g no Dia 21.

A marca EVEN-P demonstrou uma redução significativa no Dia 14 com posterior recuperação no Dia 21, ao passo que a marca EVEN-G permaneceu estatisticamente estável ao longo de todo o período de armazenamento. A marca TAN exibiu um aumento significativo e progressivo de 1,514 ± 0,025 g no baseline para 1,558 ± 0,036 g no Dia 14 e 1,606 ± 0,046 g no Dia 2.

Tabela 2. Média ± desvio padrão da massa de dentifrício (g) dispensada pelo dispositivo com válvula dosadora (*pump-valve*) grande (1,5 mL) em função da marca do dentifrício e do tempo de armazenamento.

LARGA	COL	EVEN-P	EVEN-G	TAN
DIA 0	0,573Aa ± 0,107	1,590Bb ± 0,025	1,532Ba ± 0,167	1,514Ba ± 0,025
DIA14	0,882Ab ± 0,234	1,342Ba ± 0,186	1,431Ba ± 0,243	1,558Bb ± 0,036
DIA 21	0,593Aa ± 0,162	1,565Bb ± 0,175	1,614Ba ± 0,191	1,606Bc ± 0,046

Valores seguidos por letras maiúsculas distintas indicam diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) entre as marcas de dentifrício (ANOVA + Tukey). Valores seguidos por letras minúsculas distintas indicam diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) entre os tempos de armazenamento (ANOVA + Tukey).

Os dois dispositivos apresentaram diferenças marcantes em suas faixas de dispensação: a massa máxima entregue pela válvula pequena foi de 0,177 g, ao passo que a mínima entregue pela válvula grande foi de 0,573 g. No entanto, a razão entre a válvula grande e a pequena variou expressivamente entre as marcas; a marca TAN produziu o menor valor médio na válvula pequena, mas a maior média na válvula grande.

4- DISCUSSÃO

O controle da quantidade de dentifrício fluoretado utilizado durante a primeira infância é conceitualmente simples, porém tecnicamente difícil de ser alcançado (Lima e Cury, 2001; Lima-Arsati et al., 2018). Embora os cuidadores sejam comumente instruídos a aplicar uma quantidade equivalente a um "grão de arroz" ou ao "tamanho de uma ervilha", esses descritores visuais são subjetivos e podem resultar em uma variação substancial na massa colocada sobre a escova de dentes (Ellwood e Cury, 2009; Sudradjat et al., 2024). Demonstrou-se que os pais dispensam quantidades de 5,9 a 7,2 vezes superiores à porção de referência equivalente a um grão de arroz (Sudradjat et al., 2024), enquanto outros estudos evidenciaram uma ampla variação na interpretação dos cuidadores quanto à dose do

This article is published as Open Access under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author and source are credited.

tamanho de uma ervilha (Creeth et al., 2013; Huebner et al., 2013). Essa lacuna entre a orientação clínica e a sua implementação prática fornece a justificativa para o desenvolvimento de sistemas de dispensação controlados mecanicamente (Chedid et al., 2020).

O presente estudo investigou se os dispositivos com válvula dosadora (*pump-valve*) poderiam fornecer uma alternativa mais objetiva à aplicação de dentifrício guiada por pistas visuais. Sua principal contribuição reside na avaliação dos efeitos combinados da capacidade da válvula, da formulação do dentifrício e do tempo de armazenamento. Os achados demonstraram uma separação completa entre os dois dispositivos: a válvula de 0,1 mL dispensou de 0,084 a 0,177 g, ao passo que a válvula de 1,5 mL dispensou de 0,573 a 1,614 g. Assim, todos os valores médios produzidos pela válvula pequena permaneceram abaixo do limite de referência predefinido de 0,3 g (Paiva et al., 2003), enquanto cada valor obtido com a válvula grande o excedeu. No entanto, os efeitos da marca e do armazenamento indicam que o volume nominal da válvula, por si só, não garante uma massa uniforme por acionamento.

O desempenho do dispositivo com válvula *pump* de 0,1 mL é particularmente relevante para a dosagem de dentifrício infantil. Todas as marcas testadas permaneceram abaixo de 0,3 g ao longo do período de 21 dias, sugerindo que uma câmara mecanicamente restrita pode prevenir a dispensação de volumes elevados, comumente associada aos tubos de dentifrício convencionais. Esse achado é consistente com evidências prévias que demonstram que dosadores projetados para essa finalidade, dimensões reduzidas do orifício do tubo e técnicas de aplicação controladas podem produzir menores quantidades de dentifrício (Olmez et al., 2004; Villena, 2000; Chedid et al., 2020).

Contudo, a válvula pequena não produziu uma dose idêntica entre as diferentes formulações. A marca EVEN-P apresentou os maiores valores médios, ao passo que a marca TAN produziu os menores. A marca COL apresentou aumento significativo no Dia 21, a marca EVEN-G exibiu uma redução transiente no Dia 14 e a marca EVEN-P aumentou entre o *baseline* e a mensuração final. A marca TAN foi a única sem diferenças temporais estatisticamente significantes, mantendo valores médios entre 0,084 e 0,096 g e, portanto, aproximando-se da referência de 0,1 g utilizada neste estudo para a aplicação do tamanho de um grão de arroz (Lima-Arsati et al., 2018; Cury e Tenuta, 2014). No entanto, o desvio padrão comparativamente elevado observado para a marca TAN no Dia 21 indica que a estabilidade temporal da média não deve ser interpretada como uma repetibilidade completa entre os acionamentos.

Em termos mais amplos, a diferença de aproximadamente duas vezes entre a menor e a maior média obtidas com a válvula pequena, somada a coeficientes de variação próximos a 30% em algumas condições, demonstra que o cumprimento de um limite superior não equivale à padronização da dose. Um sistema de dispensação deve idealmente ser avaliado em termos tanto de exatidão, definida como a proximidade em relação a um alvo predefinido, quanto de precisão, definida como a reprodutibilidade entre os acionamentos. A válvula pequena limitou com sucesso o extravasamento excessivo, mas os resultados indicam que uma calibração específica por marca ainda pode ser necessária caso se pretenda uma dose rigidamente definida, especialmente considerando a influência da reologia do dentifrício sobre o fluxo (Ahuja et al., 2018; Teoman et al., 2025).

This article is published as Open Access under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author and source are credited.

Em contrapartida, o dispositivo com válvula dosadora (*pump-valve*) de 1,5 mL mostrou-se inadequado para entregar uma única porção pediátrica segundo o critério adotado neste estudo. Mesmo a sua menor média de saída — 0,573 g para a marca COL no baseline — foi aproximadamente 1,9 vez superior ao limite de 0,3 g. As marcas EVEN-P, EVEN-G e TAN produziram valores entre 1,342 e 1,614 g, aproximando-se da capacidade volumétrica nominal da válvula, mas excedendo substancialmente a quantidade pediátrica pretendida. Esses achados ilustram que a conformidade técnica com o volume nominal da câmara não representa adequação clínica quando esse volume é, por si só, incompatível com a dose-alvo.

A válvula grande também revelou um comportamento pronunciado dependente da formulação. A marca COL dispensou consistentemente massas significativamente menores do que EVEN-P, EVEN-G e TAN, apresentando variabilidade relativa comparativamente alta. Em contraste, a marca TAN produziu saídas elevadas, porém altamente repetíveis. A massa dispensada pela TAN aumentou progressivamente de 1,514 g no baseline para 1,606 g no Dia 21, enquanto seu coeficiente de variação permaneceu abaixo de aproximadamente 3%. Esse padrão é mais consistente com um desvio temporal sistemático do que com um erro aleatório de dispensação. A marca COL apresentou o comportamento oposto: menor média de saída combinada a uma maior variabilidade, sugerindo um preenchimento ou uma expulsão menos previsíveis da câmara da válvula, potencialmente devido à maior viscosidade da formulação (Teoman, 2025).

A comparação entre os dois dispositivos indica ainda que a válvula grande não atuou como uma simples ampliação proporcional da válvula pequena. Embora suas capacidades nominais tivessem uma diferença de 15 vezes, a massa média geral diferiu em aproximadamente 10,9 vezes. Além disso, a razão entre as médias das válvulas grande e pequena variou de aproximadamente 6,4 para a COL a 17,3 para a TAN. A marca TAN produziu a menor saída na válvula pequena, mas a maior média numérica na válvula grande, ao passo que a COL permaneceu particularmente baixa no dispositivo grande. Esses achados sugerem uma relação dispositivo–formulação na qual a geometria da válvula e as propriedades do dentifrício determinam conjuntamente a massa entregue (Teoman et al., 2025).

A comparação entre os dois dispositivos indica ainda que a válvula grande não atuou como uma simples ampliação proporcional da válvula pequena. Embora suas capacidades nominais diferissem por um fator de 15, a massa média geral diferiu em aproximadamente 10,9 vezes. Além disso, a razão entre as médias das válvulas grande e pequena variou de aproximadamente 6,4 para a marca COL a 17,3 para a TAN. A marca TAN produziu a menor saída na válvula pequena, mas a maior média numérica na válvula grande, ao passo que a COL permaneceu particularmente baixa no dispositivo grande. Esses achados sugerem uma relação dispositivo–formulação na qual a geometria da válvula e as propriedades do dentifrício determinam conjuntamente a massa entregue (Teoman et al., 2025).

Um arcabouço reológico fornece uma explicação plausível para os achados dependentes da marca (Teoman et al., 2025). Os dentifrícios são materiais complexos e não newtonianos cujo fluxo pode ser influenciado pela viscosidade, tensão de escoamento (*yield stress*), tixotropia, densidade, incorporação de ar e histórico de cisalhamento (Teoman et al., 2025). Essas propriedades podem afetar

This article is published as Open Access under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author and source are credited.

a movimentação do produto pelo tubo de sucção, o preenchimento da câmara da válvula e a expulsão durante o acionamento (Teoman et al., 2025). A menor saída da marca COL com a válvula grande, por exemplo, é consistente com o preenchimento incompleto da câmara provocado pela maior resistência ao fluxo associada ao seu comportamento reológico (Ahuja et al., 2018). No entanto, a viscosidade e a tensão de escoamento não foram mensuradas no presente estudo; portanto, o COL não pode ser definitivamente classificado como a formulação mais viscosa, devendo o mecanismo proposto ser considerado gerador de hipóteses, e não demonstrativo.

As alterações relacionadas ao tempo de armazenamento devem ser interpretadas com cautela semelhante. Os valores no Dia 21 foram numericamente superiores aos do baseline em seis das oito combinações de dispositivo e marca, contudo as trajetórias não foram uniformes nem consistentemente monotônicas. Com a válvula grande, a marca COL apresentou aumento no Dia 14 e subsequentemente retornou aos níveis do baseline, a EVEN-P diminuiu no Dia 14 e se recuperou no Dia 21, a EVEN-G permaneceu estatisticamente estável e a TAN apresentou aumento progressivo. As explicações potenciais incluem a redistribuição do ar aprisionado, decantação (*settling*), rearranjo de fases, alterações no preenchimento inicial da câmara (*chamber priming*) e reestruturação tixotrópica (Teoman et al., 2025). Alguns desses processos podem facilitar o preenchimento da câmara, ao passo que uma maior recuperação estrutural também poderia aumentar a resistência ao fluxo. Mensurações diretas de reologia e densidade são, portanto, necessárias antes de se atribuírem os padrões temporais a um mecanismo físico-químico específico (Teoman et al., 2025).

A relevância clínica da limitação da massa de dentifrício é ainda maior em crianças que não conseguem expectorar de forma confiável (Lima e Cury, 2001; Cochran et al., 2004; Adé et al., 2024). Estudos multicêntricos relataram que crianças entre aproximadamente 1,5 e 3,5 anos de idade podem ingerir uma proporção substancial do dentifrício colocado na escova de dentes, embora a porcentagem varie com a idade e a população (Cochran et al., 2004; Adé et al., 2024; EFSA Scientific Committee 2025). Da mesma forma, estudos brasileiros demonstraram que o dentifrício pode dar uma contribuição relevante para a exposição sistêmica total ao fluoreto. Em crianças de 20 a 30 meses de idade, Lima e Cury verificaram que o dentifrício foi responsável por aproximadamente 55% da ingestão total de fluoreto e concluíram que reduzir a quantidade aplicada era uma estratégia adequada de risco-benefício (Lima e Cury, 2001).

A exposição potencial associada à válvula grande ilustra essa preocupação. Se 1,6 g de um dentifrício contendo 1.100 ppm de fluoreto for totalmente deglutido, aproximadamente 1,76 mg de fluoreto serão ingeridos. Para uma criança com peso de 10 kg, isso corresponde a aproximadamente 0,176 mg F/kg em uma única escovação, excedendo o dobro da referência diária historicamente proposta de 0,07 mg F/kg a partir de todas as fontes (Burt, 1992; Omena et al., 2006; Lima-Arsati et al., 2018). Esse cálculo representa um cenário conservador de pior caso de exposição e não deve ser interpretado como evidência de toxicidade aguda. Não obstante, demonstra por que uma válvula de alto volume é inadequada para uso pediátrico irrestrito.

Padrões regionais de exposição também reforçam a importância de se considerarem todas as fontes de fluoreto. Em Penedo, Alagoas, 96% das crianças avaliadas excederam 0,07 mg F/kg/dia, e o

This article is published as Open Access under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author and source are credited.

dentifrício foi responsável pela maior parte da exposição mensurada (Omena et al., 2006; Lima-Arsati et al., 2018; Oliveira et al., 2017). Por outro lado, um estudo posterior conduzido em uma região do semiárido brasileiro concluiu que as crianças avaliadas não estavam expostas a uma dose de risco, a despeito da potencial influência do clima no consumo de água (Lima-Arsati et al., 2018). Esses achados aparentemente contrastantes indicam que o clima, por si só, não determina a exposição; a concentração local de fluoreto na água, o uso de dentifrício, a dieta, o peso corporal e o comportamento de deglutição devem ser considerados conjuntamente.

Um dosador mecanicamente limitado poderia, portanto, reduzir a "dose disponível para deglutição" ao restringir a quantidade inicial colocada na escova de dentes (Chedid et al., 2020). Isso não assegura que a exposição total ao fluoreto permanecerá abaixo de um determinado limite, visto que a água, a dieta, a frequência de escovação, a concentração de fluoreto, o fluoreto solúvel total e a fração engolida permanecem relevantes (Lima-Arsati et al., 2018; Lima e Cury, 2001; Ellwood e Cury, 2009). Contudo, diferentemente de instruções visuais, um dispositivo calibrado poderia reduzir uma fonte importante e modificável de variação (Chedid et al., 2020). Essa interpretação é consistente com evidências de que as dimensões do orifício dos tubos convencionais e descritores visuais ambíguos contribuem para a superdosagem (Olmez et al., 2004; Creeth et al., 2013; Huebner et al., 2013; Sudradjat et al., 2024).

O controle da dose é particularmente relevante durante a formação do esmalte (DenBesten, 1999; Evans e Darvell, 1995). Estimativas epidemiológicas situaram o período de maior suscetibilidade dos incisivos centrais superiores permanentes aproximadamente entre 15 e 30 meses, com alguma variação de acordo com o sexo e a região dental (Evans e Darvell, 1995). No entanto, a suscetibilidade não está restrita a uma única janela estreita, e uma metanálise encontrou evidências insuficientes para identificar um único período universalmente crítico (Bårdsen, 1999). A exposição sistêmica excessiva ao fluoreto durante o desenvolvimento do esmalte pode interferir na remoção das proteínas da matriz e na mineralização, resultando em porosidade subsuperficial e nas opacidades características da fluorose dentária (DenBesten, 1999; Fluoretos, 2009). Assim sendo, a válvula pequena deve ser considerada uma tecnologia potencialmente útil para o controle da exposição, e não um dispositivo já comprovado na prevenção da fluorose.

A significância estatística também deve ser distinguida da relevância clínica (Cury e Tenuta, 2014). Algumas diferenças entre as marcas e os períodos de armazenamento dentro dos grupos com válvula pequena podem ter importância prática limitada, pois todas as médias permaneceram abaixo do limite predefinido de 0,3 g (Paiva et al., 2003). No entanto, essas diferenças permanecem tecnologicamente relevantes porque revelam uma calibração imperfeita e a dependência da formulação (Teoman et al., 2025). Por outro lado, a ausência de uma diferença temporal significativa para a marca TAN não estabelece equivalência; uma análise de equivalência exigiria uma margem de tolerância predefinida e poder estatístico adequado (Munro, 1997).

Os pontos fortes deste estudo incluem a mensuração gravimétrica objetiva, a avaliação de formulações comercialmente relevantes, a comparação de duas capacidades distintas de válvula e a avaliação em múltiplos tempos de armazenamento. Os achados fornecem evidências práticas para o

This article is published as Open Access under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author and source are credited.

desenvolvimento de embalagens calibradas por idade (Cernic et al., 2018; Chedid et al., 2020). Algumas limitações devem, no entanto, ser reconhecidas. O período de 21 dias foi mais curto do que o provável uso doméstico e a vida útil (*shelf life*) da embalagem (Valadas et al., 2023); as propriedades reológicas, a densidade, o fluoreto solúvel total e o preenchimento da câmara da válvula não foram mensurados diretamente (Teoman et al., 2025; Oliveira et al., 2013; Valadas et al., 2023); e o estudo não avaliou diferentes lotes do produto ou o desempenho ao longo do esvaziamento da embalagem. Como uma investigação *in vitro*, o estudo também não incorporou variações na força de acionamento, no pressionamento incompleto do botão, no ângulo de dispensação, na temperatura ambiente, em acionamentos repetidos, no comportamento dos cuidadores ou no uso acidental por crianças (Teoman et al., 2025; Sudradjat et al., 2024).

Estudos futuros devem, portanto, caracterizar a viscosidade, a tensão de escoamento (*yield stress*), a tixotropia e a densidade; mensurar o fluoreto solúvel total na massa dispensada; avaliar a repetibilidade desde o primeiro acionamento até o esvaziamento da embalagem; e testar períodos de armazenamento mais longos e diferentes temperaturas (Teoman et al., 2025; Oliveira et al., 2013; Valadas et al., 2023). Modelos fatoriais ou mistos devem ser utilizados para examinar as interações entre a formulação, a capacidade da válvula, o tempo de armazenamento, o lote do produto e o nível de preenchimento. Estudos de fatores humanos devem comparar os dispositivos com válvula *pump* com os tubos convencionais sob condições domésticas e avaliar a aceitabilidade, a higiene, os acionamentos repetidos, a supervisão, o custo e a acessibilidade. Válvulas calibradas por idade direcionadas a aproximadamente 0,1 ou 0,25 g devem ser desenvolvidas e testadas quanto a critérios predefinidos de exatidão e precisão.

5- CONCLUSÕES

Com base nos resultados, pode-se concluir que a adaptação de um dispositivo com válvula dosadora (*pump-valve*) de 0,1 mL constitui uma abordagem altamente promissora para a dispensação segura de dentifrício fluoretado em crianças, considerando o risco de fluorose dentária. Ao limitar a massa dispensada a uma faixa entre 0,08 g e 0,17 g, o dispositivo mantém com sucesso a dose de dentifrício abaixo do limite de segurança de 0,3 g para a fluorose dentária. A marca Tandy® demonstrou a compatibilidade mais consistente com o sistema de 0,1 mL, tornando-se uma candidata ideal para ensaios clínicos adicionais. Em última análise, esses sistemas mecânicos representam um passo fundamental para conciliar a elevada eficácia anticárie do fluoreto com a segurança sistêmica exigida para a população pediátrica.

REFERÊNCIAS

Adé DC, Filippi C, Filippi A. A survey on toothbrushing practices and dosing of fluoridated toothpaste among preschool children in the cantons of Basel-Stadt and Berne, Switzerland. Swiss Dent J. 2024;134(2):18–34. doi: https://doi.org//10.61872/sdj-2024-07-08-01

Ahuja A, Luisi G, Potanin A. Rheological measurements for prediction of pumping and squeezing pressures of toothpaste. J Non-Newton Fluid Mech. 2018;258:1–9. doi: https://doi.org//10.1016/j.jnnfm.2018.04.003

This article is published as Open Access under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author and source are credited.

Asgari I, Ahmadi J, Jabbari S, Vahid V. Parents' View and Awareness About Their Children's Fluoride Therapy: A Systematic Review. Int J Dent Hygiene. 2026; doi: https://doi.org//10.1111/idh.70072

Bårdsen A. “Risk periods” associated with the development of dental fluorosis in maxillary permanent central incisors: a meta-analysis. Acta Odontol Scand. 1999;57(5):247–256. doi: https://doi.org//10.1080/000163599428652

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Guia de recomendações para o uso de fluoretos no Brasil. Brasília: Ministério da Saúde; 2009. 56 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. SB Brasil 2010: Pesquisa Nacional de Saúde Bucal: resultados principais. 1ª ed. rev. Brasília: Ministério da Saúde; 2012. 116 p.

Burt BA. The changing patterns of systemic fluoride intake. J Dent Res. 1992 May;71(5):1228-37. doi: https://doi.org//10.1177/00220345920710051601

Cernic BG, Kogawa AC, Salgado HRN. Development of differentiated pharmaceutical packaging for greater autonomy and quality of life for physically and visually impaired patients. Saudi Pharm J. 2018;26(7):921–924. doi: https://doi.org//10.1016/j.jsps.2018.04.011

Chedid SJ, Tenuta LMA, Cury JA. Dispensing device to deliver small and standardized amount of fluoride dentifrice on the toothbrush. Pesqui Bras Odontopediatria Clín Integr. 2020;20:e5300. doi: https://doi.org//10.1590/pboci.2020.079

Chen AY, Wright JT, Quiñonez RB, Phillips C. Appropriate fluoride toothpaste application: improving caregiver compliance. Pediatr Dent. 2018 Nov 15;40(6):412-418. PMID: 31840640.

Cochran JA, Ketley CE, Duckworth RM, van Loveren C, Holbrook WP, Seppä L, Sanches L, Polychronopoulou A, O'Mullane D. Development of a standardized method for comparing fluoride ingested from toothpaste by 1.5-3.5-year-old children in seven European countries. Part 2: Ingestion results. Community Dent Oral Epidemiol. 2004 Feb; 32 Suppl 1(1):47-53. doi: https://doi.org//10.1111/j.1600-0528.2004.00139.x

Creeth J, Bosma ML, Govier K. How much is a 'pea-sized amount'? A study of dentifrice dosing by parents in three countries. Int Dent J. 2013 Dec;63 Suppl 2:25-30. doi: https://doi.org//10.1111/idj.12074

Cury JA, Tenuta LMA, Ribeiro CC, Paes Leme AF. The importance of fluoride dentifrices to the current dental caries prevalence in Brazil. Braz Dent J. 2004;15(3):167-74. doi: https://doi.org//10.1590/S0103-64402004000300001

Cury JA, Tenuta LMA. Evidence-based recommendation on toothpaste use. Braz Oral Res. 2014;28(Spec Iss 1):1-7. doi: https://doi.org//10.1590/S1806-83242014000100001

DenBesten PK. Biological mechanisms of dental fluorosis relevant to the use of fluoride supplements. Community Dent Oral Epidemiol. 1999 Feb;27(1):41-7. doi: https://doi.org//10.1111/j.1600-0528.1999.tb01990.x

EFSA Scientific Committee; Bennekou SH, Allende A, Bearth A, Casacuberta J, Castle L, Coja T, Crépet A, Hoogenboom R, Knutsen H, Lambré C, Nielsen SS, Turck D, Civera AV, Villa R, Zorn H, Castenmiller J, Cheyns K, Darney K, Gilbert M, Leblanc JC, Meyer H, Ntzani E, Paparella M, Vinceti M, Wallace H, Anastassiadou M, Bastaki M, Cattaneo I, Greco L, Lanzoni A, Riolo F, Mosbach-Schulz O, Terron A, Halldorsson T. Updated consumer risk assessment of fluoride in food and drinking water including the contribution from other sources of oral exposure. EFSA J. 2025 Jul 22;23(7):e9478. doi: https://doi.org//10.2903/j.efsa.2025.9478

Ellwood RP, Cury JA. How much toothpaste should a child under the age of 6 years use? Eur Arch Paediatr Dent. 2009;10(3):168–174. doi: https://doi.org//10.1007/BF03262679

Evans RW, Darvell BW. Refining the estimate of the critical period for susceptibility to enamel fluorosis in human maxillary central incisors. J Public Health Dent. 1995;55(4):238-49. doi: https://doi.org//10.1111/j.1752-7325.1995.tb02376.x

Huebner CE, Thomas A, Scott J, Lin JY. Parents' interpretation of instructions to control the dose of fluoridated toothpaste used with young children. Pediatr Dent. 2013 May-Jun;35(3):262-6.

This article is published as Open Access under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author and source are credited.

Lima YB, Cury JA. Ingestão de flúor por crianças pela água e dentifrício. Rev Saude Publica. 2001;35(6):576–581. doi: https://doi.org//10.1590/S0034-89102001000600012

Lima-Arsati YBO, Gomes ARLF, Santos HKA, Arsati F, Oliveira MC, Freitas VS. Exposure to fluoride of children during the critical age for dental fluorosis, in the semiarid region of Brazil. Cien Saude Colet. 2018;23(4):1045–1054. doi: https://doi.org//10.1590/1413-81232018234.07952016

Munro BH. Statistical methods for health care research. 3rd ed. New York: Lippincott Williams & Wilkins; 1997.

Oliveira MJ, Martins CC, Paiva SM, Tenuta LM, Cury JA. Estimated fluoride doses from toothpastes should be based on total soluble fluoride. Int J Environ Res Public Health. 2013 Nov 1;10(11):5726-36. doi: https://doi.org//10.3390/ijerph10115726

Olmez A, Tufekcioglu D, Erdemli E. The effects of different application techniques and orifices on the amount of dentifrice dispensed. J Clin Pediatr Dent. 2004;28(4):343–346. doi: https://doi.org//10.17796/jcpd.28.4.lx41h477446w35p0

Omena LMF, Silva MFA, Pinheiro CC, Cavalcante JC, Sampaio FC. Fluoride intake from drinking water and dentifrice by children living in a tropical area of Brazil. J Appl Oral Sci. 2006;14(5):382–387. doi: https://doi.org//10.1590/S1678-77572006000500015

Paiva SM, Lima YB, Cury JA. Fluoride intake by Brazilian children from two communities with fluoridated water. Community Dent Oral Epidemiol. 2003;31(3):184–191. doi: https://doi.org//10.1034/j.1600-0528.2003.00035.x

Saldarriaga A, Restrepo M, Arevalo C, Santos-Pinto L, Martignon S, Jeremias F. Dental fluorosis, enamel defects, and caries in a Colombian community with salt fluoridation: a 3-year panel study. BMC Oral Health. 2021 Jul 15;21(1):354. doi: https://doi.org//10.1186/s12903-021-01729-z

Sudradjat H, Meyer F, Fandrich P, Schulze zur Wiesche E, Limeback H, Enax J. Doses of fluoride toothpaste for children up to 24 months. BDJ Open. 2024;10(1):7. doi: https://doi.org//10.1038/s41405-024-00187-7

Teoman B, Vandeven M, Cabelly A, Morelli M, Potanin A. Sensory perception optimization of consumer products: toothpaste tube squeezability. J Texture Stud. 2025;56(4). doi: https://doi.org//10.1111/jtxs.70036

Toumba KJ, Twetman S, Splieth C, Parnell C, van Loveren C, Lygidakis NA. Guidelines on the use of fluoride for caries prevention in children: an updated EAPD policy document. Eur Arch Paediatr Dent. 2019 Dec;20(6):507-516. doi: 10.1007/s40368-019-00464-2.

Valadas LAR, Sena NJC, Júnior FJG, Lotif MAL, Passos VF, Squassi A. Fluoride content in paediatric dentifrices commercialized in Brazil. Int J Dent Hygiene. 2023 Feb;21(1):165-171. doi: https://doi.org//10.1111/idh.12638

Vilhena FV, Silva HM, Sales Peres SHC, Caldana ML, Buzalaf MAR. The drop technique: a method to control the amount of fluoride dentifrice used by young children. Oral Health Prev Dent. 2008;6(1):61–65. PMID: 18399309.

This article is published as Open Access under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author and source are credited.