

**APRENDIZAGEM VISÍVEL DE SIDERURGIA PARA ESTUDANTES DO
CURSO TÉCNICO EM METALURGIA*****VISIBLE LEARNING IN STEEL EDUCATION IN THE METALLURGICAL
TECHNICAL COURSE******APRENDIZAJE VISIBLE EN LA EDUCACIÓN DE SIDERÚRGIA PARA
ESTUDIANTES EN EL CURSO TÉCNICO METALÚRGICO***Luciano Miguel Moreira dos SANTOS¹Orimar Batista dos REIS²Jefferson Rodrigues da SILVA³

RESUMO: O uso de materiais manipulativos aplicados ao princípio de conservação da massa nos balanços siderúrgicos, mediante o desmembramento das moléculas dos componentes do minério, dos metais e da escória foi utilizado na quantificação da aprendizagem relacionada aos estilos de aprendizagem. Empregou-se uma metodologia de pesquisa mista, sendo majoritariamente quantitativa: verificação de estilos de aprendizagem por meio do Novo Índice de Estilos de Aprendizagem (N-ILS) e provas sobre balanço de massa para o cálculo de Tamanho de Efeito, conforme estabelecido pelo laboratório em Aprendizagem Visível, de Hattie. Entre os resultados obtidos, destaca-se o Tamanho de Efeito calculado para a prática pedagógica, que, em média, nas três turmas avaliadas, foi de 0,63. Valor superior ao referencial 0,40, considerado como uma intervenção média satisfatória e compatível com os valores de Tamanhos de Efeitos de metodologias semelhantes. Na parte qualitativa da pesquisa, realizaram-se entrevistas semiestruturadas nas quais foi possível compreender que os alunos perceberam a própria aprendizagem. Este estudo inovou ao calcular o Tamanho de Efeito aliado aos Estilos de Aprendizagem e contribuiu para o entendimento de práticas de aprendizagem colaborativas usando material manipulativo.

Palavras-chave: Aprendizagem visível. Estilos de Aprendizagem. Balanço de Massa.

ABSTRACT: *The use of manipulative materials applied to the principle of mass conservation in the steel balances, by dismembering the molecules of the components of the ore, metals and slag was used in the quantification of learning related to learning styles. In this sense, a mixed research methodology was used, being mostly quantitative: verification of learning styles through the New Learning Styles Index (N-ILS), evidence on mass balance for the calculation of Effect Size, as established by the laboratory in Hattie's Visible Learning. Among the results obtained, the Effect Size calculated for the pedagogical practice stands out, which on average in the three classes was 0.63. Value higher than the 0.40 reference, considered as a satisfactory average intervention and compatible with the Effect Sizes values of similar methodologies. In the qualitative part*

¹ Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Minas. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Ouro Preto, Brasil. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8468-8962>. E-mail: luciano.miguel@ifmg.edu.br

² Mestre em Engenharia Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Ouro Preto, Brasil. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7596-6462>. E-mail: orimar.reis@ifmg.edu.br

³ Mestre em Engenharia Mecânica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Arcos, Brasil. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8334-2107>. E-mail: jefferson.silva@ifmg.edu.br

of the research, semi-structured interviews were conducted where it was possible to understand that the students perceived their own learning. This study innovated when calculating the Effect Size combined with Learning Styles and contributes to the understanding of collaborative learning practices using manipulative material.

Keywords: *Visible Learning. Learning Styles. Mass Balance.*

RESUMEN: *El uso de materiales manipuladores aplicados al principio de conservación de la masa en los balances de la industria siderúrgica, al desmembrar las moléculas de los componentes de mineral, metales y escorias, se utilizó en la cuantificación del aprendizaje relacionado con los estilos de aprendizaje. Se utilizó una metodología de investigación mixta, primariamente cuantitativa: verificación de Estilos de Aprendizaje utilizando el Nuevo Índice de Estilos de Aprendizaje (N-ILS) exámenes sobre el equilibrio de masa para el cálculo del Tamaño de Efecto en el aprendizaje, según lo establecido por el laboratorio en el Aprendizaje Visible de Hattie. Entre los resultados obtenidos, se destaca el Tamaño de Efecto calculado para la práctica pedagógica que, en promedio en las tres clases, fue de 0.63. Un valor superior a la referencia de 0,40, considerada como una intervención con media satisfactoria, y valor también compatible con los valores de Tamaños de Efecto de metodologías similares. En la parte cualitativa de la investigación, se realizaron entrevistas semiestructuradas en las que fue posible comprender que los estudiantes pudieron percibir su propio aprendizaje. Este estudio fue novedoso al calcular el tamaño del efecto combinado con los estilos de aprendizaje, él contribuye con la comprensión de las prácticas de aprendizaje colaborativas utilizando materiales manipulativos.*

Palabras clave: *Aprendizaje Visible. Estilos de Aprendizaje. Equilibrio de Masa.*

Introdução

Para Bizerra; Ursi (2014), considerar as diferentes abordagens de aprendizagem como estanques e imutáveis não contribui para o entendimento sobre as teorias de aprendizagem. Pelo contrário, dificulta a percepção de que as ciências da aprendizagem estão em contínua transformação e que suas teorias têm muito mais em comum do que costumamos aceitar.

O ensino e a aprendizagem visíveis ocorrem quando a aprendizagem é o objetivo explícito e transparente, quando ela é apropriadamente desafiadora e quando tanto o professor quanto o aluno (de várias maneiras) procuram assegurar que o objetivo desafiador seja atingido e, se o for, em que grau (HATTIE, 2017).

A abordagem tradicional de educação considera que a escola é o local da apropriação do conhecimento por meio da transmissão de conteúdos e confrontação com modelos e demonstrações. A ênfase não é colocada no educando, mas na intervenção do professor, para que a aquisição do patrimônio cultural seja garantida, tornando o estudante um ser passivo (MIZUKAMI, 1996).

Com o advento das redes sociais e novas tecnologias educacionais, observa-se nos estudantes atuais uma tendência muito grande à dispersão durante atividades teóricas na sala de aula. Apesar do avanço da tecnologia, muitas vezes, ela não é utilizada para o ensino efetivo, nem por parte dos docentes nem por parte dos discentes. Durante a experiência obtida em 25 anos de magistério, observamos, cada vez mais, um aumento da dificuldade de concentração e de compreensão de conceitos básicos que já deveriam ter sido incorporados às estruturas cerebrais dos estudantes. Isto é evidente no ensino e na aprendizagem de balanços de massa na disciplina de Siderurgia do curso técnico em Metalurgia. É necessário, portanto, que haja um desenvolvimento de novos materiais e novas metodologias de ensino, para que os estudantes alcancem maior compreensão dos princípios de execução dos balanços de massa dos processos siderúrgicos, visando a um melhor aproveitamento acadêmico.

Neste sentido, esta pesquisa teve como objetivo fazer uma análise de Aprendizagem Visível relacionada aos estilos de aprendizagem em prática pedagógica colaborativa com materiais manipulativos sobre as reações químicas dos processos siderúrgicos, estabelecendo a relação entre o desmembramento das moléculas dos componentes do minério e a composição química do metal, identificando o princípio de conservação da massa nos balanços siderúrgicos.

Referencial teórico-metodológico

Na abordagem behaviorista de Skinner (1930), o ensino é tratado em função de uma tecnologia que, além da aplicação de conhecimentos científicos à prática pedagógica, envolve um conjunto de técnicas diretamente aplicáveis em situações concretas de sala de aula. Pedagogia, educação e ensino são identificados com métodos e tecnologia. A cooperação entre os alunos não é enfatizada, porém o ensino ganha uma individualização, ainda que ocorra a passividade dos alunos na transmissão do conhecimento pelo professor.

Uma aprendizagem significativa considera o envolvimento da pessoa como um todo, incluindo aspectos emocionais e cognitivos, como definido por Rogers (1972) na abordagem humanista, afirmando que mesmo quando o primeiro impulso vem de fora, o senso da descoberta, do alcançar, do captar e do compreender vem de dentro suscitando modificação no educando.

De acordo com Ronca (2019), Ausubel (1982) propôs sua teoria de aprendizagem significativa, afirmando que ela se torna efetiva quando uma nova informação adquire significado para o aluno, por meio de uma espécie de conexão com aspectos cognitivos e conceitos pré-existentes. Tal definição vem ao encontro do fator funcional de Potência Preditiva, definido por Norman (1983), segundo o qual um modelo conceitual deve considerar as estruturas de processamento de informações, para que o aluno “processe” seu Modelo Mental, para compreender e prever o sistema de interesse.

Ao investigar e detectar a variabilidade de modelos mentais de uma turma, bem como sua evolução ao longo do período escolar, o professor pode propor atividades mais adaptadas, de modo a facilitar a aprendizagem. Tal afirmação corrobora as pesquisas realizadas por Colvara; Vieira Júnior (2010) e Duque *et al.* (2015), que consideram que os diferentes estilos de aprendizagem devem ser considerados no planejamento didático-pedagógico e que as avaliações tradicionais devem ser aprimoradas para refletir um aprendizado significativo.

Felder; Soloman (1991) propuseram um teste denominado Índice de Estilos de Aprendizagem, cuja sigla é ILS, do inglês *Index of Learning Styles*. Posteriormente, Vieira Junior (2014) propôs uma nova versão do ILS, que corrigia problemas de tradução, por exemplo. Esta foi validada e identificada pela denominação Novo Índice de Estilos de Aprendizagem (N-ILS).

Segundo Hattie (2017), os professores devem ver a aprendizagem através dos olhos dos alunos, e os alunos devem ver o ensino como a chave para sua aprendizagem contínua. Quando os alunos se tornam seus próprios professores, exibem os atributos autorregulatórios que parecem mais desejáveis para aprendizes (automonitoramento, autoavaliação, autoanálise e autoensino). O ato de ensinar exige intervenções deliberadas para garantir que ocorram mudanças cognitivas no aluno. O autor também apresenta uma lista dos fatores de efeito que têm influência no desempenho do aluno, os quais estarão inseridos na metodologia proposta: “- programas de estímulo tátil: 0,58; - exemplos resolvidos: 0,57; - programas de percepção visual: 0,55; - aprendizagem em pequenos grupos: 0,49; - aprendizagem cooperativa: 0,42” (HATTIE, 2017, p.244).

Para Hattie (2017), a média de mais de 900 meta-análises, baseadas em 240 milhões de alunos, apresenta uma intervenção média de 0,40. Portanto, um efeito maior que 0,40 é considerado acima da norma e capaz de levar a um crescimento maior do que o esperado ao longo de um ano.

O cálculo do tamanho do efeito, conforme recomendado por Hattie (2017, p.249), é definido de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Tamanho de efeito} = \frac{\text{Média (pós - teste)} - \text{Média (pré - teste)}}{\text{Dispersão (desvio padrão)}} \quad (1)$$

Van Der Schee (2014), aplicando os princípios sobre aprendizagem visível no ensino de geografia, traz interessantes questionamentos sobre critérios para a aprendizagem bem sucedida. Afirma que turmas pequenas e boas instalações são frequentemente mencionadas por educadores em discussões sobre os fatores que levam a uma aprendizagem bem sucedida. Van Der Schee (2014), porém, questiona se esses fatores são realmente importantes. Sua reflexão se ancora na afirmação de Hattie (2009 apud VAN DER SCHEE, 2014, p. 8), “o que é mais importante é que o ensino seja visível para o aluno, e que a aprendizagem seja visível para o professor. Quanto mais o aluno se tornar o professor e mais o professor se tornar o aluno, melhores serão os resultados”. Van Der Schee (2014, p. 9) ainda afirma que “um bom professor é um especialista em aprendizagem adaptativa”. Isto pode ser alcançado, em grande parte, pela experiência de vida do docente e pelo grau vocacional do mesmo para a docência, mas nem sempre é garantia de sucesso. No entanto, o autor ressalta que não há nenhuma garantia de uma transferência bem sucedida. Alguns alunos não estão motivados e nenhum professor pode fazer com que um aluno aprenda o que ele não quer aprender.

A avaliação do ensino-aprendizagem é parte fundamental do processo educativo formal em todas as escolas contemporâneas do mundo. Entretanto, ela pode ser utilizada apenas para fins de se obter um ranking de uma turma de estudantes, ou pode ser parte integrante do processo de aprendizagem.

Pironel (2017) afirma que, por meio da resolução de problemas, o professor tem a oportunidade de levantar questões pertinentes ao desenvolvimento do tema de estudo, a fim de conduzir seus alunos ao aprendizado, aproximando-se da Zona de Desenvolvimento Proximal, de Vigotsky (1984), em que o papel e a intencionalidade do sujeito são indispensáveis para sua aprendizagem. Pironel (2017) também mostra que o processo de avaliação integrada ao ensino-aprendizagem deve auxiliar na aprendizagem significativa do aluno, através das conexões entre diferentes ideias, conceitos e

procedimentos, aproximando-se do conceito de aprendizagem significativa de Ausubel (1982).

Segundo Ferrari (2008) na perspectiva da Teoria das Inteligências Múltiplas proposta por Gardner (1983), a educação costuma errar ao não levar em conta os vários potenciais de cada um. Além disso, é comum que as aptidões dos alunos sejam sufocadas pelo hábito nivelador de grande parte das escolas. Preservar essas aptidões já seria um grande serviço ao aluno. A maneira mais difundida de aplicar a teoria das inteligências múltiplas é tentar estimular todas as habilidades potenciais dos alunos quando se está ensinando um mesmo conteúdo. Para amplificar o aprendizado, devem-se utilizar diferentes meios e métodos pedagógicos que beneficiarão a todos. Quanto maior a variabilidade de tais métodos melhor a eficácia.

Segundo Hattie (2017), a vantagem em se utilizarem os Tamanhos de Efeito convida os professores a pensar sobre o uso de avaliações para auxiliar a estimar o progresso dos alunos e para reformular o ensino, de forma a adequá-lo melhor ao indivíduo ou a grupos de alunos. Essa prática faz com que os professores levem em conta os motivos pelos quais alguns alunos progrediram e outros não, como uma consequência do seu ensino. Trata-se de um exemplo de utilização de “evidências para ação”.

Materiais e método

A metodologia de investigação utilizada é mista, mas primordialmente quantitativo-comparativa. Contou com uma amostra de indivíduos composta por 65 estudantes divididos em três turmas da disciplina de Siderurgia do curso Técnico em Metalurgia do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) *campus* Ouro Preto. Duas delas, aqui identificadas como Turma Diurno 1, Turma Diurno 2, compartilham as características de serem cursos integrados ao Ensino Médio e possuem alunos na faixa etária entre 17 e 19 anos. A terceira turma, aqui identificada como Turma Noturno, está na categoria de curso técnico subsequente: os alunos já finalizaram o ensino médio, possuem faixa etária mais elevada e heterogênea.

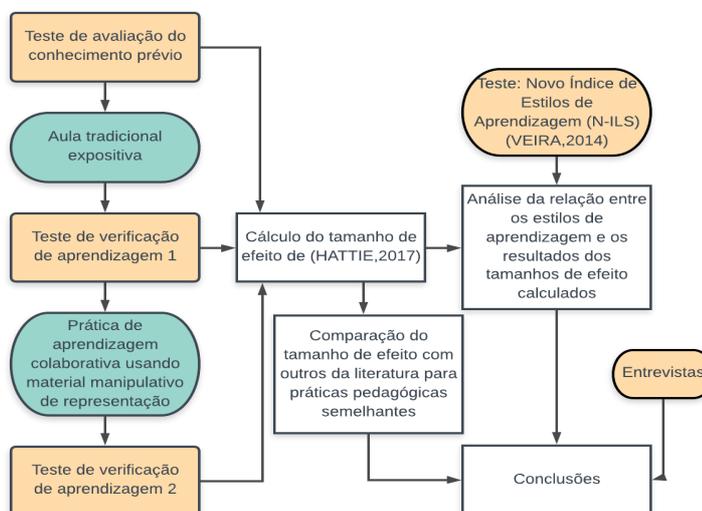
Para obtenção dos dados envolvendo seres humanos, a pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) pela Plataforma Brasil e avaliada pelo CEP da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Ela está cadastrada na Plataforma Brasil sob o N° CAAE 20213119.0.0000.5150 e foi aprovada pelo Parecer N° 3.624.350.

Então, aplicou-se aos estudantes o questionário N-ILS proposto por Vieira Junior (2014), adaptação de Felder; Solomon (1991), para identificação de perfis de estilos de aprendizagem individual e verificou-se se havia predominância de algum estilo em cada turma. Calculou-se também o tamanho de efeito da prática pedagógica pelo método de aprendizagem visível proposto pelo laboratório australiano coordenado por Hattie (2017).

Desse modo, compararam-se os resultados dos tamanhos de efeito obtidos neste trabalho com os tamanhos de efeito encontrados na literatura para práticas pedagógicas semelhantes. Finalmente, fez-se análise de possível relação entre os tamanhos de efeito calculados e a influência dos estilos de aprendizagem predominantes nas turmas.

Quanto à prática pedagógica proposta, propriamente dita, ela versa sobre o ensino e a aprendizagem do princípio de conservação de massa, cálculo do balanço de massa, identificação e construção de moléculas presentes em minérios. Tudo isso, por meio de trabalho colaborativo, usando material manipulativo de representação: bolas de isopor pintadas como átomos e hastes de madeira para as ligações químicas. De modo a possibilitar o cálculo do tamanho de efeito da aprendizagem, os alunos fizeram um teste de verificação do conhecimento prévio sobre esse assunto, posteriormente assistiram a uma aula tradicional expositiva sobre ele, então refizeram o teste. Em seguida, os alunos foram divididos em grupos de 6 a 8 estudantes, usando o material manipulativo disponibilizado: trabalharam, junto com o professor, na identificação dos átomos e na construção das moléculas presentes em cada minério de um dado balanço de massa. Posteriormente foram instigados a refazer o processo aplicado a um novo problema, agora de maneira mais autônoma. Paralelamente, aplicou-se uma entrevista semiaberta a 4 alunos de cada turma, a fim de perceber como foi a experiência individual no trabalho em grupo e como avaliaram a prática da atividade colaborativa utilizando materiais manipulativos de representação, corroborando a pesquisa quantitativa. A Figura 1 apresenta um fluxograma que resume a metodologia de pesquisa proposta.

Figura 1 - Metodologia proposta para o trabalho.



Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Após a aplicação dos questionários dos estilos de aprendizagem, todas as turmas foram submetidas à explicação tradicional expositiva sobre o balanço de massa dos processos siderúrgicos e a uma primeira atividade avaliativa sobre o balanço de massa do alto-forno.

Em seguida, utilizou-se a nova metodologia de ensino do balanço de massa com o uso de bolinhas de isopor representando as matérias-primas siderúrgicas. A Figura 2 apresenta as instruções dadas aos alunos para a construção dos modelos das matérias-primas, indicando os átomos envolvidos em cada molécula e com a respectiva cor.

Figura 2 - Instruções para construção dos modelos das matérias-primas.

MINÉRIO	FUNDENTE	REDUTOR
F_2O_3	CaO	C
SiO_2	Ca = ROSA	
Al_2O_3	C = PRETO	
MnO_2	Al = LARANJA	
P_2O_5	Mn = AZUL	
	O = BRANCO	
	Fe = VERMELHO	
	Si = AMARELO	
	P = VERDE	

Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

A Figura 3 traz os pesos atômicos dos elementos químicos extraídos da tabela periódica, para que os alunos pudessem escolher as bolinhas de isopor com tamanho proporcional aos respectivos pesos atômicos.

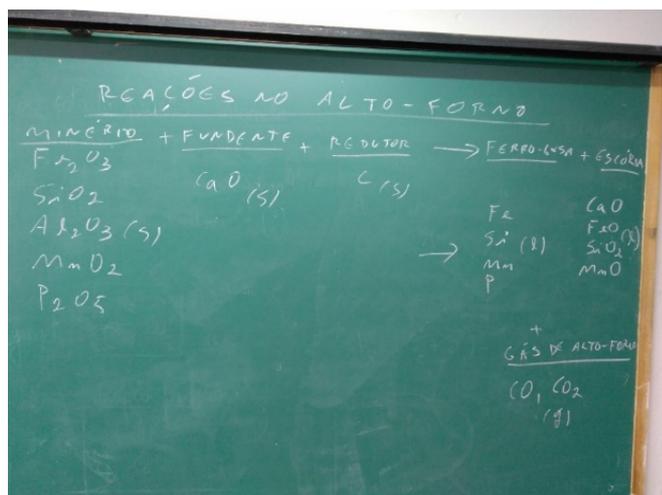
Figura 3 - Instruções para escolha dos tamanhos dos átomos.

P.A	
Fe	55,85 g/mol
Ca	40 g/mol
Si	28,09 g/mol
Al	26,98 g/mol
O	16 g/mol
Mn	54,94 g/mol
P	30,97 g/mol
C	12 g/mol

Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

A Figura 4 mostra as reações químicas envolvidas no processo do alto-forno, para que os alunos possam compreender que se trata de um balanço de massa que envolve reações químicas e que tal balanço deve ser feito por elemento químico ou composto químico e não por materiais. A partir das reações químicas, devem desmembrar as moléculas das matérias-primas nos produtos obtidos no alto-forno.

Figura 4 - Instruções para desmembramento das moléculas.



Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

As Figuras 5, 6 e 7 mostram os estudantes construindo os modelos das matérias-primas e posteriormente submetendo-as às reações químicas do processo, para compreenderem a partição das moléculas e a distribuição dos átomos envolvidos nos produtos da reação do alto-forno, quais sejam ferro-gusa, escória e gás.

Figura 5 - Estudantes construindo os modelos das matérias-primas.



Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Figura 6 - Estudantes construindo os modelos das matérias-primas.



Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Figura 7 - Estudantes construindo os modelos das matérias-primas.



Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Resultados e discussão

As tabelas 1, 2 e 3 apresentam os resultados obtidos para as três turmas do teste Novo Índice de Estilos de Aprendizagem (N-ILS) proposto por Vieira Júnior (2014).

Observou-se que, da turma 1, turno diurno, a maioria dos alunos pesquisados, 70%, mostrou-se mais sensorial na dimensão de percepção. Na dimensão de entrada, não há diferença significativa entre os polos visual e verbal. Quanto à dimensão

Processamento, o polo Ativo é verificado em 70% dos alunos. Na dimensão Entendimento, novamente há um polo mais frequente entre os alunos, um percentual de 80% apresenta-se como Sequencial. Além das preferências, observou-se também a intensidade com a qual elas ocorrem em cada um dos polos. Porém, em termos de preferências, não houve uma tendência forte em direção a determinado polo quando se observa a turma em conjunto, com exceção do polo sensorial, indicando que podem se adaptar bem aos cálculos rotineiros do balanço de massa dos processos siderúrgicos. Os demais polos, embora com maior escore para algum deles, tiveram preferências de média para fraca. Entretanto, tais características não podem ser desprezadas durante o planejamento das atividades pedagógicas. Esta turma é composta por estudantes que cursam o técnico em metalurgia integrado ao ensino médio dentro do IFMG e que possuem faixa etária entre 17 e 19 anos, semelhante à turma 2 do turno diurno. Em média, acabam tendo um perfil semelhante quando analisados dentro de um mesmo curso, considerando o interesse inicial pela área em particular e a formação que recebem nessa área.

Tabela 1 - Resultados do teste Novo Índice de Estilos de Aprendizagem (N-ILS) da Turma Diurna 1.

Dimensão	Polo	Alunos	Preferência Forte	Preferência Média	Preferência Fraca
Percepção	Sensorial	70%	30%	30%	10%
	Intuitivo	30%	10%	5%	15%
Entrada	Visual	45%	10%	20%	15%
	Verbal	55%	-	20%	35%
Processamento	Ativo	70%	5%	30%	35%
	Reflexivo	30%	5%	10%	15%
Entendimento	Sequencial	80%	10%	40%	30%
	Global	20%	-	5%	15%

Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Com relação aos alunos da turma 2, turno diurno, o polo sensorial apresentou maior predominância e preferência. Eles se mostraram mais sensoriais, visuais, ativos e sequenciais, sendo mais visuais do que a turma 1, também do turno diurno, além da

predominância sensorial, o que corrobora com maior tendência à metodologia pedagógica a ser utilizada no cálculo do balanço de massa.

Já em relação aos alunos da turma do turno noturno, houve 100% de escore no polo sensorial e preferências médias para os polos ativo e sequencial, com preferência fraca para o polo verbal. Espera-se também que esta turma terá um bom aproveitamento na nova metodologia, devido à sua característica de aprendizagem observada, pois uma característica marcante desta turma, em comparação com as outras, é que ela é constituída por estudantes, em sua maioria, trabalhadores, com maior faixa etária e que já cursaram o ensino médio em outra instituição. Portanto, fazem o curso técnico em metalurgia na modalidade subsequente.

Os Polos sensorial e sequencial foram predominantes em todas as turmas e preponderantes para que os estudantes se sentissem familiarizados com a construção das moléculas de bolinhas de isopor para executar o seu desmembramento em metais e escória e, posteriormente, executar o balanço de massa dos processos siderúrgicos.

Tabela 2 - Resultados do teste Novo Índice de Estilos de Aprendizagem (N-ILS) da Turma Diurno 2.

Dimensão	Polo	Alunos	Preferência Forte	Preferência Média	Preferência Fraca
Percepção	Sensorial	95,23%	38,09%	33,33%	23,80%
	Intuitivo	4,76%	-	-	4,76%
Entrada	Visual	61,90%	9,52%	14,28%	28,09%
	Verbal	42,85%	9,52%	9,52%	23,8%
Processamento	Ativo	66,66%	4,76%	23,80%	38,09%
	Reflexivo	33,33%	9,52%	14,28%	9,52%
Entendimento	Sequencial	80,95%	23,80%	38,09%	19,04%
	Global	19,05%	4,76%	4,76%	9,52%

Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Tabela 3 - Resultados do teste Novo Índice de Estilos de Aprendizagem (N-ILS) da Turma Noturno.

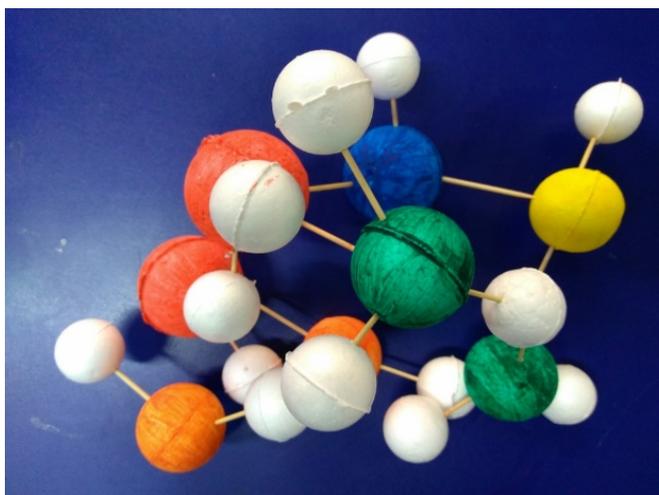
Dimensão	Polo	Alunos	Preferência Forte	Preferência Média	Preferência Fraca
Percepção	Sensorial	100%	30,76%	30,76%	38,46%

	Intuitivo	-	-	-	-
Entrada	Visual	38,46%	15,38%	7,69%	15,38%
	Verbal	61,53%	-	23,07%	38,46%
Processamento	Ativo	76,92%	23,07%	30,76%	23,07%
	Reflexivo	23,07%	15,38%	-	7,69%
Entendimento	Sequencial	69,23%	15,38%	38,46%	7,69%
	Global	30,76%	7,69%	-	23,07%

Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

A Figura 8 mostra uma partícula de minério de ferro contendo Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 , MnO_2 e P_2O_5 , construída pelos alunos (as bolinhas menores representam o oxigênio). Já a Figura 9 apresenta o minério de ferro ao lado do fundente CaO (rosa e branco-1 bolinha pequena e 1 grande juntos) e do redutor à base de C (carbono, preto-1 bolinha grande sozinha).

Figura 8 - Modelo construído representando o minério de ferro.



Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Figura 9 - Modelo representando o minério de ferro, o redutor e o fundente.



Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

A Figura 10 mostra o ferro-gusa obtido a partir da redução do minério de ferro no alto-forno contendo Fe, Mn, P e Si, sem os átomos de oxigênio e, finalmente, a Figura 11 apresenta a escória gerada no alto-forno, contendo FeO, Al₂O₃, SiO₂, MnO e CaO.

Após realizada a Prática pedagógica de aprendizagem colaborativa usando material manipulativo de representação no estudo de balanço de massa com as bolinhas de isopor, os alunos foram submetidos a uma segunda atividade avaliativa sobre o balanço de massa do alto-forno, para verificação da influência desta nova metodologia nos estilos de aprendizagem verificados.

Figura 10 - Desmembramento das moléculas representando o ferro-gusa.



Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Figura 11 - Desmembramento das moléculas representando a escória.



Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

A tabela 4 apresenta as notas médias das atividades avaliativas sobre balanço de massa dos processos siderúrgicos. Os testes, embora diferentes, foram construídos para medir a mesma dimensão nos dois momentos, seguindo a metodologia de testes longitudinais proposta por Hattie (2017). Também é mostrado o resultado do cálculo do Tamanho de Efeito de acordo com a equação (1), apresentada para cada turma avaliada no estudo.

Tabela 4 - Resultados das avaliações de balanço de massa.

Resultados	Turma 1- diurno	Turma 2 - diurno	Turma - noturno
Teste de verificação da aprendizagem 1	2,7	5,2	3,7
Desvio padrão (σ)	3,80	2,75	2,99
Teste de verificação da aprendizagem 2	4,9	7,1	6,6
Desvio padrão (σ)	4,32	3,44	4,79
Tamanho de Efeito	0,54	0,61	0,75

Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Observa-se que, em todos os casos, houve um Tamanho de Efeito superior ao valor de 0,40, valor médio da gaussiana dos resultados de mais de 900 meta-análises baseadas em 240 milhões de alunos. Considerando a média das três turmas, o Tamanho de Efeito obtido na pesquisa é de aproximadamente 0,63. Os resultados obtidos são

comparáveis aos estudos realizados por Hattie (2017) com relação aos programas de estímulo tátil (Tamanho de efeito=0,58), programas de percepção visual (Tamanho de efeito=0,55) e aprendizagem em pequenos grupos (Tamanho de efeito=0,49).

Nesta pesquisa, fez-se também entrevista semiestruturada com 12 alunos, para uma breve análise qualitativa da prática pedagógica. Uma constatação comum a todos os entrevistados é que os grupos formados foram muito grandes. A sugestão é que sejam adotados grupos menores de até quatro pessoas, para que haja menor dispersão durante a atividade. Em geral a abordagem metodológica com as bolinhas de isopor para construção das moléculas das matérias-primas siderúrgicas e para representar as reações químicas foi avaliada positivamente por todos. Entretanto, alguns relataram que deveria haver maior ênfase na conexão entre as moléculas, o desmembramento das mesmas nas reações químicas e o balanço de massa mediante aplicação do cálculo concomitantemente ao experimento. Aprofundando nesta questão, foi observado que a maior dificuldade se deu por deficiências em matemática, o que deve ser reforçado durante as aulas, com aplicação ao balanço de massa. Nove relatos captados de diferentes entrevistados são apresentados a seguir:

Foge um pouco do padrão da sala de aula e, ao mesmo tempo, a gente distrai e aprende (T1D1 - aluno 1 da Turma 1 diurno, 2019).

As bolinhas de isopor ajudam a gente a ver ao vivo as moléculas, ao invés de só no papel (T1D2 - aluno 2 da Turma 1 diurno, 2019).

Com as bolinhas deu para ver melhor quais elementos iriam reagir e como vai ocorrer a reação (T1D3 - aluno 3 da Turma 1 diurno, 2019).

Saber onde encaixa cada molécula com as bolinhas de isopor no balanço de massa ajudou na resolução do problema (T2D1 - aluno 1 da Turma 2 diurno, 2019).

Na sua cabeça as bolinhas maiores e menores representam os tamanhos dos átomos; e as cores também. Ajudou a entender o que se adiciona e o que não se adiciona; o que sai e o que entra (T2D2 - aluno 2 da Turma 2 diurno, 2019).

Com as bolinhas deu para entender as reações. Na hora de colocar os números e fazer o cálculo complicou. O problema é a matemática (T2D3 - aluno 3 da Turma 2 diurno, 2019).

As bolinhas auxiliaram na montagem do problema. A matemática foi pior (T1N1 - aluno 1 da Turma noturno, 2019).

Achei uma maneira mais didática porque te aproxima mais da realidade. Também com relação ao tamanho das bolinhas representando cada átomo (T1N2 - aluno 2 da Turma noturno, 2019).

É uma maneira de se aprender brincando. Não é só cuspe e giz como os professores falam (T1N3 - aluno 3 da Turma noturno, 2019).

Percebeu-se que o uso de material manipulativo não é uma prática comum entre os docentes. Somente um aluno relatou que utilizou tais materiais na construção de uma maquete do ciclo da água em outra escola, no ensino fundamental, enquanto outros, de uma mesma turma, relataram a construção de maquete de uma célula com isopor na aula de biologia, no ensino médio do IFMG. Esta é uma prática muito restrita na experiência escolar dos entrevistados. Todos os alunos recomendaram a continuidade desta abordagem metodológica para as próximas turmas, pois o ganho pedagógico foi significativo para eles.

Os relatos coletados dos estudantes entrevistados contribuíram para a compreensão do ganho do tamanho de efeito no Cálculo do Balanço de Massa em turmas cujos Polos sensorial e sequencial são predominantes. Os resultados alcançados são coerentes com os estilos de aprendizagem observados em cada turma, o que permitiu que nossas expectativas fossem contempladas: que os alunos da turma do turno noturno, sendo totalmente sensoriais, conseguiriam melhor desempenho, seguidos dos alunos da turma 2, turno diurno, e, por fim, da turma 1, diurno.

Conclusões

A utilização de novos materiais pedagógicos, visando a identificar o princípio de conservação da massa nos balanços siderúrgicos foi realizada com sucesso na execução do balanço de massa dos processos siderúrgicos na disciplina de siderurgia do curso técnico em Metalurgia, proporcionando compreensão do tema por parte dos alunos e melhoria do seu rendimento acadêmico. Embora a técnica pedagógica já tenha sido utilizada no ensino de metalurgia física e em construção de moléculas, foi inédita a utilização desses materiais no balanço de massa de processos siderúrgicos.

Observou-se que, em todos os casos, houve um ganho de aprendizagem superior ao valor padrão de 0,40, considerado como uma intervenção média. Os resultados obtidos são comparáveis aos estudos de meta-análise realizados por Hattie (2017) com relação aos programas de estímulo tátil (Tamanho de Efeito=0,58), programas de

percepção visual (Tamanho de Efeito=0,55) e aprendizagem em pequenos grupos (Tamanho de Efeito=0,49). Os resultados alcançados são coerentes com os Estilos de Aprendizagem observados em cada turma, já que os polos sensorial e sequencial foram predominantes em todas as turmas e preponderantes para que os estudantes se sentissem familiarizados com a construção das moléculas de bolinhas de isopor, para executar o seu desmembramento em metais e escória e, posteriormente, executar o balanço de massa dos processos siderúrgicos.

As entrevistas possibilitaram compreender que os alunos acharam a atividade divertida, eles perceberam a própria aprendizagem e todos recomendaram a continuidade dessa abordagem metodológica para as próximas turmas.

Este estudo foi inédito ao se calcular o Tamanho de Efeito com alguma prática pedagógica de aprendizagem colaborativa, usando material manipulativo de representação, e relacioná-lo com os resultados de Estilos de Aprendizagem de uma turma. Além disso, embora bolinhas de isopor já tenham sido utilizadas no ensino de metalurgia física e em construção de moléculas, são escassas as divulgações científicas em educação que abordam a utilização desses materiais no balanço de massa de processos siderúrgicos, contribuindo para o ineditismo do trabalho. Recomenda-se a continuidade dessa prática pedagógica no balanço de massa dos demais processos metalúrgicos bem como nos processos químicos contemplados nas diversas competências relativas aos cursos técnicos, assim como também na disciplina de química do ensino médio.

Referências

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

BIZERRA, A.; URSI, S. Teorias da aprendizagem: influências da psicologia experimental. *In: Introdução aos estudos da educação I*. São Paulo: USP/Univesp/Edusp; 2014. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1720181/mod_resource/content/1/Teorias%20da%20Aprendizagem%20I.pdf. Acesso em: 04 de maio de 2019.

BORGES, A. Tarciso. Como evoluem os modelos mentais. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 66-92, jun. 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21171999000100066&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 04 de maio de 2019.

COLVARA, Laurence Duarte; VIEIRA JUNIOR, Niltom. Os modelos mentais de alunos em relação a vetores em duas e três dimensões: uma análise da dinâmica da aprendizagem e da inadequação das avaliações tradicionais. **Ciências e Cognição**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 55-69, ago. 2010. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212010000200006&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 24 de abril de 2019.

DUQUE, T. O. *et al.* Falhas nas avaliações tradicionais em diversos níveis de escolaridade: um estudo envolvendo tópicos de matemática financeira através de níveis e subníveis de modelos mentais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. V.15, n.2, p. 427 – 452. 2015.

FELDER, R. M; SOLOMAN, B. A. **Learning styles and strategies**. 1991. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257431200_Learning_and_Teaching_Styles_in_Engineering_Education/link/599831d5a6fdcc2615841d21/download. Acesso em: 16 de novembro de 2019.

FERRARI, M. **Howard Gardner, o cientista das inteligências múltiplas**. Nova Escola. [S.I.], 2008. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/1462/howard-gardner-o-cientista-das-inteligencias-multiplas>. Acesso em: 11 de junho de 2019.

GARDNER, H. **Frames of mind: the theory of multiple intelligences**. New York: Basic Books, 1983.

HATTIE, J. A. C. **Aprendizagem visível para professores**. Porto Alegre: Editora Penso, 2017.

HATTIE, J. A. C. **Visible Learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement**. London, UK: Routledge, 2009.

MIZUKAMI, M. G. Docência, trajetórias pessoais e desenvolvimento profissional. *In*: REALI, Aline M; MIZUKAMI, Maria Graça (orgs.). **Formação de professores: tendências atuais**. São Carlos: Edufscar, 1996.

MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. **Investigações e Ensino de Ciências**. V.1, Nº3, dez. 1996. Também publicado in Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciência – Linguagem, Cultura e Cognição, Reflexões para o ensino de Ciências. (1997), UFMG, Belo Horizonte – Minas Gerais. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N3/moreira.htm>. Acesso em: 26 de abril de 2019.

NORMAN, D. A. **Some observations on mental models**. *In*: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. **Mental models**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

PIRONEL, M. *et al.* (orgs.). **Perspectivas para resolução de problemas**. São Paulo: Editora livraria da física, 2017.

ROGERS, C. **Liberdade para aprender**. Belo Horizonte: Interlivros, 1972.

RONCA, A. C. C. Teorias de ensino: a contribuição de David Ausubel. **Temas em Psicologia**. Ribeirão Preto, v. 2, n. 3, p.91-95, dez. 1994. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-389X1994000300009. Acesso em: 28 de outubro de 2019.

SKINNER, B. F. **The concept of the reflex in the description of behavior**. Doctoral dissertation, Harvard University. Cambridge, MA, 1930.

VAN DER SCHEE, J. **Algumas considerações sobre como estrutura e feedback podem ajudar crianças a aprender geografia**. Giramundo, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.7-14, Jan./Jun. 2014. Disponível em: <https://www.cp2.g12.br/ojs/index.php/GIRAMUNDO/article/download/3/1>. Acesso em: 15 de junho de 2019.

VIEIRA JÚNIOR, N. Construção e validação de um novo índice de estilos de aprendizagem. *In*: MCTI; UNESCO; CNPq. (org.). **Educação para a ciência**. Brasília: MCTI, 2014.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

Enviado em: 06/02/2020.

Aceito em: 22/08/2020.

Publicado em: 28/12/2020.