

● REVISTA

ISSN 2447-4924 (Impressa)
ISSN 2447-598X (Digital)

INOVA

Ciência & Tecnologia

Volume 4 • N. 2 • Jul./Dez., 2018



**INSTITUTO
FEDERAL**
Triângulo Mineiro

● REVISTA

INOVA

Ciência & Tecnologia

V. 4 • N. 2 • Jul./Dez., 2018

EXPEDIENTE



REITOR

Dr. Roberto Gil Rodrigues Almeida

PRÓ-REITOR DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

Dr. Humberto Marcondes Estevam – IFTM

DIRETOR DE PESQUISA E INOVAÇÃO

Dr. Carlos Antônio Alvarenga Gonçalves – IFTM

EDITOR CHEFE

Dr. Adelar José Fabian – IFTM

EDITORES ADJUNTOS

Dr. Márcio José de Santana – IFTM

Dr. Valdeci Orioli Júnior – IFTM

Dr. Victor Peçanha de Miranda Coelho – IFTM

EDITORES ASSOCIADOS

Dr. Adelar José Fabian – IFTM

Dr. Ailton César Lemes - IFGoiano

Dra. Fernanda Barbosa Borges Jardim – IFTM

Dr. Geraldo Gonçalves de Lima – IFTM

Dr. Henrique Gualberto Vilela Penha – IFTM

REVISÃO DA LÍNGUA INGLESA E PORTUGUESA

Ma. Cristiane Manzan – IFTM

Esp. Joyce Gracielle de Sousa Braga – IFTM

Dra. Maria Amélia da Silva Campos Souza – IFTM

Me. Marcelo Sedassari Galvão – IFTM

REVISORES LÍNGUA INGLESA

Lic. Carolina Pereira Campos – IFTM

Drª Valeska Virgínia Soares Souza - IFTM

REVISORES LÍNGUA PORTUGUESA

Ma. Mariângela Castejon – IFTM

Ma. Telma Aparecida da Silva Santos – IFTM

NORMALIZAÇÃO

Esp. Elis Ane de Oliveira Vieira – IFTM

Esp. Fabiane Neli de Carvalho - IFTM

Esp. Fernanda Imaculada Faria – IFTM

Esp. Fernanda Faustino Nogueira Nunes – IFTM

Esp. Sandra Mara Trindade – IFTM

SECRETARIA EXECUTIVA

Esp. Elia Cristina Alves dos Santos – IFTM

SUORTE TI

Esp. Eduardo de Oliveira Araújo – IFTM

Esp. Wendell Albino Silva – IFTM

EDITORES DE LAYOUT

Esp. Danilo Silva de Almeida – IFTM

Bel. Marcos Roberto Capuci Lima - IFTM

Revista Inova Ciência & Tecnologia / Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro.
V. 4, n. 2. (jul./dez., 2018) – Uberaba, MG: Editora IFTM,
2018.

Semestral
ISSN 2447-4924 (Impressa)
ISSN 2447-598X (Digital)

1. Pesquisa. Pesquisa científica. Periódicos. I. Instituto
Federal do Triângulo Mineiro

CDD-001.4

● SUMÁRIO

AGRONOMIA

- Cultural soil profile and risk of erosion in vineyards with different soil managements**
Daniela Schmitz, Arcângelo Loss, Pierre Curmi,
Luiz Carlos Pittol Martini, Jucinei José Comin 5

CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

- Lista de verificação integrada para a indústria de produtos para alimentação animal**
Simara Larissa Fanalli, Fernando Caixeta Lisboa,
Patrícia Lopes Andrade, Paulo Fernando Alves de Freitas 13

- Estudo de caso: eficiência de uma estação de tratamento de efluente de empresa de reciclagem de garrafas PET**
Juliana de Andrade e Silva, Claudia Maria Tomás Melo 18

- Avaliação qualitativa e quantitativa da produção de enzimas por bactérias isoladas e cultivadas em resíduo do processamento de mandioca**
Andressa Porto Cordeiro Oliveira, Juliana Gomes Barreto Souza,
Lucas Santos Solidade, Fábيا Giovana do Val de Assis, Patrícia Lopes Leal 24

- Esterification of oleic acid and ethyl alcohol for synthesis of ethyl oleate catalyzed by lipase immobilized in polyurethane**
Nádia Ligianara Dewes Nyari, Alessandro Rogerio Paulazzi,
Raquel Vera Zamadei, Jamile Zeni, Rogério Marcos Dallago 31

CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

- Aplicação de redes neurais artificiais no estudo de evasão do curso técnico em eletrotécnica no IFTM – Campus Ituiutaba**
Jacson Hudson Inácio Ferreira, Dayane Helena Batista Silva,
Ilma Aparecida Martins Silva 40

EDUCAÇÃO

- A Interdisciplinaridade e/ou Transdisciplinaridade na educação profissional e tecnológica**
Marcia Maria de Azeredo Coutinho, Robson Gonçalves Félix 46

- Emprego de tecnologia nas práticas educativas: uma revisão histórica de Vannevar Bush a Pierre Lévy**
Renato Kraide Soffner 54

- Teorias curriculares: dialogicidade, produção de conhecimento e sua relação com as mídias digitais**
Andrea Vicente Toledo Abreu 61

- Concepção de meio ambiente sob a visão de alunos de uma escola pública de Ituiutaba-MG**
Mônica Miguel de Paula, Flávio Caldeira Silva,
Ubiramar Ribeiro Cavalcante, Franciene Cabral da Silva 70

● AGRONOMIA

CULTURAL SOIL PROFILE AND RISK OF EROSION IN VINEYARDS WITH DIFFERENT SOIL MANagements

Daniela Schmitz¹, Arcângelo Loss^{1}, Pierre Curmi²,
Luiz Carlos Pittol Martini², Jucinei José Comin¹.*

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the soil quality of vineyards with different managements using the cultural soil profile method. The vineyards were in the Paysage de Corton, Burgundy, France. The managements used were chemical control of weeds (1), plant cover in the inter-rows and chemical control in the rows (2), plant cover in every two inter-rows and chemical control in the rows (3), plant cover in the work inter-rows where the agricultural machinery passes, and turning of the soil in the other inter-rows (4), surface turning of the soil (<10 cm) in the entire area with and without addition of shredded tree barks (5), and deep turning of the soil (>10 cm) in the entire area (6). A compacted soil layer at depth of about 20 cm was found in all managements, but the adopted managements affected the characteristics of the surface layers, with more compactness in managements with deep turning of the soil, followed by surface turning of the soil, and chemical control; and less compaction in areas with plant cover. The highest risk of erosion was found in the 5 and 6 managements, which had turning of the soil; areas with deep turning of the soil presented greater susceptibility to erosion, and a very compacted soil layer in the center of the inter-rows. The management with surface turning of the soil showed that plant residues (tree barks) can be used to reduce the risk of erosion. The cultural soil profile method was efficient in identifying physical problems in soils of vineyards and is a low-cost, accessible tool to producers.

Keywords: *Vitis vinifera* L., water erosion, qualitative evaluation, rain simulation, Burgundy, wine.

PERFIL DO SOLO CULTURAL E RISCO DE EROÇÃO EM VINHEDOS COM DIFERENTES MANEJOS DE SOLOS

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do solo de vinhedos com diferentes manejos, utilizando o método do perfil cultural do solo. As vinhas estavam em Paysage de Corton, Borgonha, França. Os manejos utilizados foram controle químico de plantas daninhas (1), cobertura vegetal nas entrelinhas e controle químico nas fileiras (2), cobertura vegetal em todas as duas entrelinhas e controle químico nas fileiras (3), cobertura vegetal a cada duas entrelinhas onde o maquinário agrícola passa, e superfície do solo nas demais entrelinhas (4), preparo superficial do solo (<10 cm) em toda a área com e sem adição de cascas de árvores desfiadas (5) e preparo profundo do solo (> 10 cm) em toda a área (6). Uma camada de solo compactada a uma profundidade de cerca de 20 cm foi encontrada em todos os manejos, mas os manejos adotados afetaram as características das camadas superficiais, com mais compactação em manejos com preparo profundo do solo, seguido de preparo superficial do solo, controle químico e menor compactação em áreas com cobertura vegetal. O maior risco de erosão foi observado nos manejos 5 e 6, onde o preparo do solo é adotado; áreas com preparo profundo do solo apresentaram maior suscetibilidade à erosão e uma camada de solo muito compactada no centro das entrelinhas. O manejo com o preparo superficial do solo mostrou que resíduos de plantas (cascas de árvores) podem ser usados para reduzir o risco de erosão. O método do perfil cultural do solo foi eficiente na identificação de problemas físicos em solos de vinhedos e é uma ferramenta acessível e de baixo custo para os produtores.

Palavras-chave: *Vitis vinifera* L., erosão hídrica, avaliação qualitativa, simulação de chuva, Borgonha, vinho.

* Autor correspondente: arcangelo.loss@ufsc.br

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Rural (UFSC-DER), Itacorubi, Florianópolis, SC, Brasil.

² Agrosup Dijon UMR 6282 Biogéosciences, Cnrs/uB, France.

PERFIL CULTURAL DEL SUELO Y RIESGO DE EROSIÓN EN VIÑEDOS CON DIFERENTES GESTIONES DEL SUELO.

RESUMEN: Se objetivó evaluar cualitativamente el suelo en áreas de viñedo con diferentes tipos de manejo, por medio de la técnica del perfil cultural. Los viñedos se encuentran en la Paysage de Corton, Borgoña, Francia, y tienen diferentes manejos: (1) control químico de plantas dañinas, (2) cobertura vegetal en las entrelíneas y control químico en las líneas, (3) cobertura vegetal cada dos entrelíneas y trabajo superficial del suelo en las demás entrelíneas, (4) cobertura vegetal en las entrelíneas del tratamiento (paso de implementos agrícolas) y trabajo de suelo en las demás, (5) trabajo superficial del suelo (<10 cm) en toda el área con y sin aporte de cáscara de árbol triturada y (6) trabajo profundo del suelo (> 10 cm) en toda el área. Se evidenció que en todos los manejos se tiene una capa compactada que se encuentra a unos 20 cm, siendo que el manejo adoptado hace que las características de las capas superficiales sean bastante distintas, con mayor compactación en los manejos con trabajo profundo (> 10 cm), seguido de trabajo superficial (<10 cm), control químico y menor compactación en el manejo con cobertura vegetal. El mayor riesgo de erosión en los manejos 5 y 6 fue observado donde se adopta la práctica de trabajar el suelo, siendo que el trabajo profundo es el que presenta mayor susceptibilidad a la erosión, aliado a una capa muy compactada en el centro de la entrelínea. Para el trabajo superficial del suelo fue visto que el aporte de restos vegetales (cáscaras de árboles) puede ser una práctica adoptada para reducir los riesgos de erosión. El método del perfil cultural fue eficaz para identificar problemas de orden físico en suelos vinícolas y, de esta forma, se constituye en una herramienta de bajo costo y de rápido acceso para los productores.

Palabras clave: *Vitis vinifera* L., erosión hídrica, evaluación cualitativa, simulación de lluvia, Borgoña, vinos.

INTRODUCTION

Burgundy is a French region recognized worldwide by the production of wines, especially its five main regions: Chablis and Grand Auxerrois, Côte de Nuits, Côte de Beaune, Côte Chalonnaise and Mâconnais (BIVB, 2012).

This work was developed because of the need for researches of the producers' association of the Paysage de Corton, located in Côte de Beaune, which encompasses the wine-growing areas of three towns (Pernand-Vergelesses, Aloxe-Corton and Ladoix-Serrigny) (Hocde, 2010; Herbin, Fabbri, Ambroise, 2015). As a response to these producers and local leaders, Hocde (2010) identified the potentialities and main problems of this region; one of these problems was soil erosion, as reported by the farmers interviewed and seen in field evaluations. In this context, Herbin et al. (2015) made a more detailed analysis of this region to obtain more information about soil occupation, susceptible areas to erosion, and biodiversity. Thus, a model was created to evaluate the risk of erosion in the areas, mainly based on visual aspects. The model created classified some regions as highly susceptible to erosion, especially areas in the Corton hill.

Erosion causes visible soil losses; the soil is carried to lower areas. Thus, many producers adopt a common practice in the region for replenishing the soil, moving soil from lower areas to eroded areas (Herbin et al., 2015).

Some practices can be used to reduce erosion; the presence of plant cover or crop residues on the soil surface helps to reduce erosion problems. The plant material in the soil surface reduce the impact of raindrops and thus, the disaggregation of the soil. Plant cover increases the macroporosity of the soil, resulting in a higher water infiltration rate (Brandão et al., 2007). In the case of soils of vineyards, plant cover is the most effective method to control runoff and, therefore, the risk of erosion (Curmi, Chatelier, Trouche, 2006; Gril, 2003).

Soils of vineyards respond differently to water infiltration. Grapevines are perennial plants, thus, the agricultural machinery used for cultural practices always passes on the same places—in the inter-rows. The use of agricultural machinery in vineyards is intensive, the soil is strongly compacted, presenting low macroporosity and, consequently, greater susceptibility to runoff and erosion. Therefore, the soil structure of the inter-rows is different than the soil structure of the rows; the latter does not undergo compaction processes and is more structured, with a higher water infiltration rate (Curmi et al., 2006).

The cultural soil profile method can be used to evaluate the changes in the soil profile due to intensive mechanization. This method assesses how human actions modify physical attributes of the soil, with emphasis on the soil morphological characteristics, and allows the differentiation of these soils regarding its compaction level and form (Gautronneau and Manichon, 1987; Tavares Filho et al., 1999; Boizard et al., 2017; Roger-Estrade et al., 2017). According to Muller et al. (2003), the cultural soil profile method describes the relationship between root growth and soil structure. This method is easily understood and accessible to farmers, which extends its use and makes it a practical, useful method for technical guidance in field conditions.

Therefore, the hypothesis in this work is that the cultural soil profile method can be applied in soils of vineyards for a rapid soil diagnosis, without the need for costly laboratory analysis to identify physical problems due to the soil management applied; and assist farmers in the correction of the affected soil layer. Thus, the objective of this work was to evaluate the soil quality in vineyards under different soil managements using the cultural soil profile method. The soil profile of the areas was evaluated according to the soil management, and a rain simulation was performed to measure the risk of erosion in the areas.

MATERIAL AND METHODS

This work was developed in partnership with the National Institute of Agronomic, Food and Environmental Sciences (AgroSup, Dijon, France). The study was conducted in March and April 2012, in vineyards located about 30 km southwest of Dijon, in the wine-producing areas of the towns of Aloxe-Corton (47°3'56"N, 4°51'34"E), Ladoix-Serrigny (47°3'58"N, 4°53'12"E) and Pernand-Vergelesses (47°04'51"N, 4°51'06"E), which form the Paysage de Corton, Burgundy, France (Hocde, 2010; Herbin et al., 2015). According to the FAO classification (WRB, 2006), the soil of the region is a Calcaric Cambisol of silty clay texture, with gravel and stones (Brenot, Quiquerez, Petit, Garcia, 2008). The annual rainfall in the region is less than 800 mm (Meteo France, 2018).

The vineyards were divided into six categories of soil management, representing the main land use practiced for soils of vineyards, based on a current map of soil management practices employed in vineyards (Herbin et al., 2015; Hocde, 2010). These managements were chemical control of weeds in the rows and inter-rows without turning of the soil (1); plant cover in the inter-rows and chemical control in the rows without turning of the soil (2); plant cover in every two inter-rows and surface turning of the soil in the rows using an enjambeur (a large vineyard tractor) and a chenillard (a small vineyard machine) (3); plant cover in the work inter-rows where the agricultural machinery passes, and turning of the soil in the other inter-rows (4); surface turning of the soil (<10 cm) (scarification) in the entire area with and without the addition of shredded tree barks (5); and deep turning of the soil (>10 cm) in the entire area (6). Soil treatment with deep turning of the soil is performed in the winter; it consists of making a heap in the plant rows, i.e., the inter-row soil is deposited in the rows, near the base of the vines. This turning of the soil aims to protect the base of the plants from the low winter temperatures; when the plants begin to develop in the spring, the soil is again spread in the area.

The cultural soil profile methodology was used as described by Gautronneau and Manichon (1987). A trench was opened in each area with horizontal dimensions restricted to the inter-row spacing—about one meter. The depth of the profile used was about 30 cm, since the objective of this procedure was to evaluate the effect of cultural managements. Subsequently, the soil profile was cleaned with a pedological hammer and a pocketknife to observe the morphological characteristics of the profile. The evaluated characteristics were soil structure, aggregation, consistency, compaction, presence of organic matter by color, and root distribution; these characteristics were correlated with the management practices.

For a better understanding of the descriptions of the cultural profiles, pictures were taken with a professional photographic camera, and the layers found in the field were identified and described as C+ (very compacted), C (compacted), C- (little compacted), A

(with presence of aggregates), FE (fine earth), and F (friable). The different volumes found were delineated with solid lines, the end of the vertical part of the profile was delineated with a dashed line, and dotted lines highlight horizontal parts in some areas.

After the evaluation of the cultural profile, a rainfall simulation was performed in the areas 1, 2 and 5, using two sprinklers on 10 m of three inter-rows of each area, to measure the risk of erosion on the soil surface. The amount of sprayed artificial rain represented a water depth of 20 mm, measured by three pluviometers, one in each tested inter-row. The erosive processes were evaluated by measuring the amount of soil that was carried by the water to the lower area of the vineyards, and the presence of surface channels of erosion and surface runoff.

RESULTS

Cultural soil profile and description of the study areas

Figure 1 shows the profile opened in the inter-row of the treatment in an area with slope of 17% managed with weed control. The F / C- layers had faint color and friable consistency, and were less compacted than the C+ layer, which had lighter coloration, lower level of soil aggregation, and presence of horizontal cracks (Figure 1a).

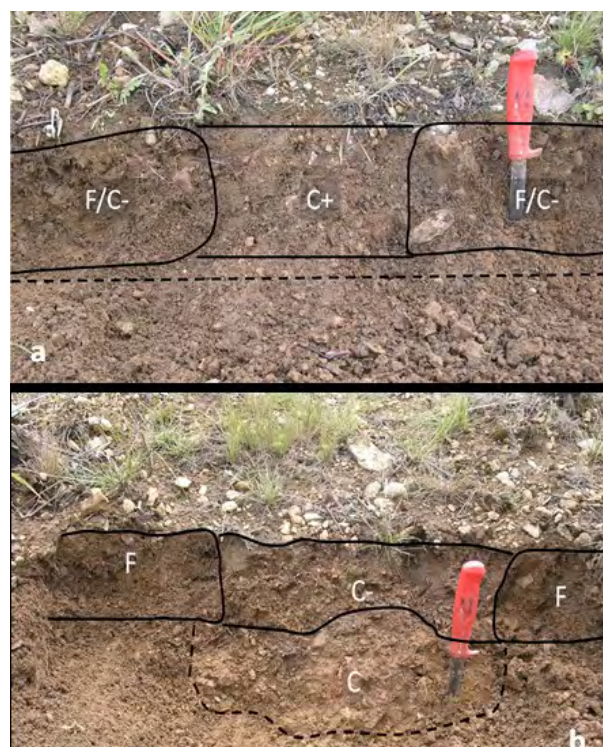


Figure 1. Cultural soil profile of the inter-row of the area managed with chemical control of weeds, without turning of the soil. **Author:** Daniela Schmitz.

Another inter-row with the same management (Figure 1b) presented lower compaction than the first (Figure 1a). However, in the inter-rows where the agricultural machinery passes for chemical treatments, the C- layer is slightly more compacted than the F- layer, and less compacted than the C layer just below it; and the color of the soil is more yellow throughout the horizon.

Figure 2 shows an area with slope of 21% managed with plant cover in the inter-rows and chemical control in the rows.



Figure 2. Cultural soil profile of the area with plant cover in the inter-rows and chemical control of weeds in the rows. **Author:** Daniela Schmitz.

This area had plant cover in the inter-rows for two years (cover plants were sown in September 2010) and was already well established, with a significant root system of 5 cm. It presented significant organic matter content in the first 10 cm; the soil color was black and very friable, represented by the layer F. The layer C had yellowish color, compaction, and traces of water retention from 10 cm. The C layer presented compaction and high microporosity, thus, water moves slowly in it. The accumulation of water was visible around the decomposing organic matter. This decomposition generates oxygen consumption, making visible some reduction spots (mottling). Before having permanent plant cover in the inter-rows, this area received shredded tree barks, which were already decomposed.

Figure 3 shows an area with slope of 25% managed with plant cover (clover; *Trifolium* sp.) in every two inter-rows and surface turning of the soil (<10 cm) in the other inter-rows using a chenillard (a small agricultural machine used in vineyards), and the opened profile in the inter-row with turning of the soil.

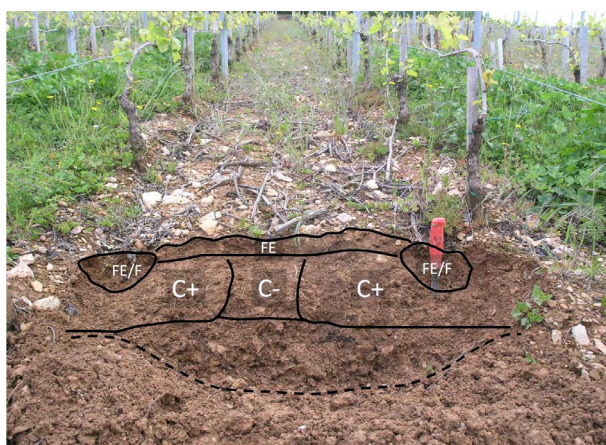


Figure 3. Cultural soil profile of the area with plant cover in every two inter-rows and surface turning of the soil in the other inter-rows. **Author:** Daniela Schmitz.

This area presented very compacted layers (C+) due to the type of agricultural machine used for cultural practices; and differences from the others, since these compacted layers were at the inter-row ends—the place where the chenillard wheels pass—and not in the center, as seen in Figure 1. Thus, the less compacted layer (C-) was found at the center of the inter-row. FE (fine earth) was found on the surface layer, up to about 5 cm. This characteristic was also found at the inter-row ends, where the detached layer is also friable. A significant presence of millimeter-sized vine roots was found throughout the profile.

Figure 4 shows areas with slope of 25% managed with plant cover in every two inter-rows and surface turning of the soil (<10 cm) in the other inter-rows, using an enjambeur (a large agricultural machine used in vineyards). Figure 4a highlights the opened profile in the inter-row with the plant cover, and Figure 4b shows the inter-row with turning of the soil.

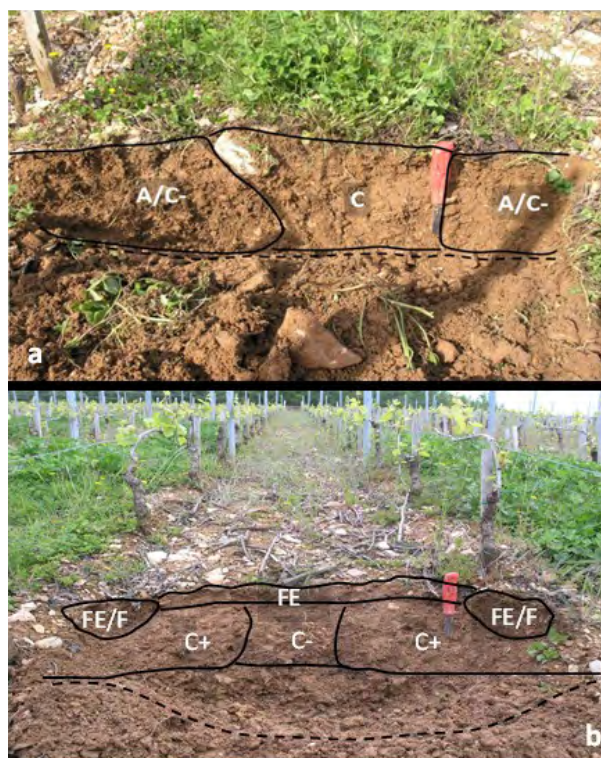


Figure 4. Cultural soil profile of the inter-row of the area managed with plant cover in every two inter-rows and surface turning of the soil in the other inter-rows. **Author:** Daniela Schmitz.

In the inter-row with plant cover (Figure 4a), the C layer was more compacted than the A / C- layer, where the presence of aggregates can be highlighted. In general, no significant compaction was found; clover roots are present but not forming a significant root system. Bacterial nodules in red clover roots were also found, indicating a high bacterial activity. The C- layer had intermediate compaction in the inter-row with turning of the soil (Figure 4B) contrasting with the C+ layer, which presented strong compaction probably due to the passing of the enjambeur wheels. A layer composed of soft, friable FE (FE / F) was found in the surface at the

inter-row ends. This was associated with the turning of the soil at that position. The layer just below had its upper limit in the range of the agricultural implement used in the soil management, and was compacted.

Figures 5a and 5b show areas with slope of 24% managed with deep turning of the soil (>10 cm), highlighting the inter-rows with planed (b) and heaped (A) earth.

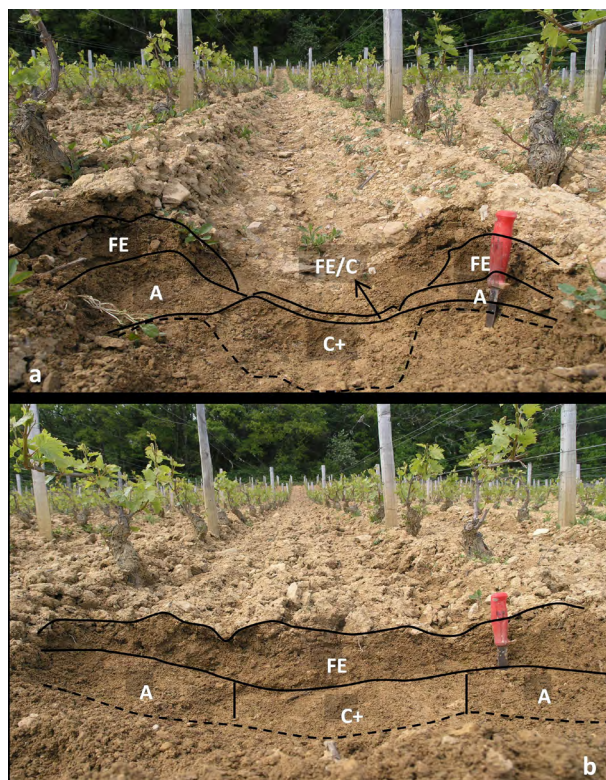


Figure 5. Cultural soil profile of the area with deep turning of the soil, highlighting the opened profile in the inter-rows with planed (b) and heaped (a) earth.

Author: Daniela Schmitz

A very compacted soil layer (C+) was found in the center of the inter-row with heaped earth (Figure 5a). The FE layer was shown in the earth that was heaped along the rows with a very soft aspect. Part of the soil that presents some degree of structuring was found below this layer, being possible to visualize the aggregates (A).

A layer composed of very compacted fine earth (FE / C) was found in the surface, at the center of the inter-row. Erosion, and the preferred water paths in the center of the inter-rows, were very evident in this area. A marked characteristic was the abundant presence of bare roots—surface roots that are visible due to the erosion of the earth that covered them.

The first 10-cm layer was very friable and soft in the inter-row with planed earth (Figure 5b), consisting of very little structured FE; and a very compacted layer (C+) was found below it, with more evident compaction in the center of the inter-row. The soil presented aggregates at the inter-row ends (A). A hilling was performed at the time of the profile opening (2012) in this area (Figure 5), but the heavy rains of April and May (Meteoblue, 2018)

caused erosion of a large part of the soil. Erosion marks are well visible throughout this area.

Figure 6 shows an area with slope of 20% managed with surface turning of the soil (<10 cm) with no addition of shredded tree barks.



Figure 6. Cultural soil profile of the area with surface turning of the soil (a) and soil surface with surface turning of the soil (b). Arrows indicate the preferred paths of the surface-runoff water. **Author:** Daniela Schmitz

The soil surface in this area presented a layer composed of strongly bonded fine particles, evidencing the surface sealing of the soil due to the rains (Figure 6 a and b). The soil surface layer was composed of FE on a very compact layer (C+) (Figure 6a). The soil in the area was little structured, so the impact of the rain drops easily disaggregate the soil and the FE is detached and carried by the water. At first, this phenomenon causes clogging of the pores in the soil surface by deposition of FE. This creates a surface crust layer that saturates with water rapidly, preventing its infiltration (Figure 6b), even if the layer below has good permeability. Then, when the surface runoff begins and this FE is carried by the water, initiating the erosive process.

The FE deposits were also very noticeable (Figure 6b). When the water of the surface runoff that carries the FE finds an obstacle it infiltrates slowly, creating sediment deposits. The surface sealing is less evident in the work inter-rows. The C- layer was more compacted due to the passing of the enjambeur. The FE layer was found only in the inter-row ends, as well as the preferred water paths indicated by the arrows in Figure 6. The layer with the upper part delineated by the depth of the turning of the soil presented high

compaction (C+). Erosion was less evident in the lower part of the work inter-rows, probably due to the strong mechanical aggregation because of the compaction by the agricultural machine wheels.

Figure 7 shows an area with slope of 20% managed with surface turning of the soil (<10 cm) with addition of shredded tree bark.

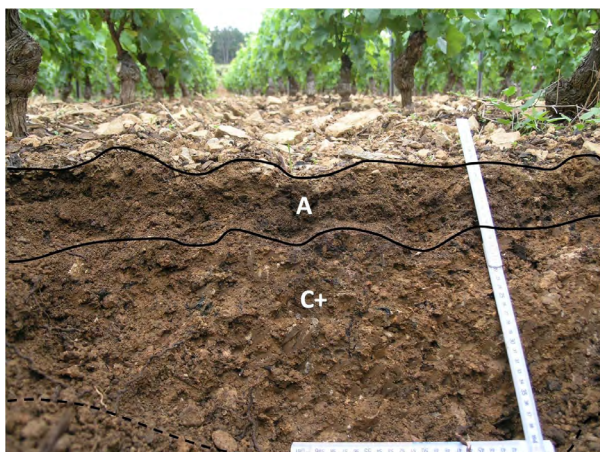


Figure 7. Cultural soil profile of the area managed with surface turning of the soil and addition of shredded tree barks.
Author: Daniela Schmitz

Surface turning of the soil has been performed in the last three years in this area. The soil surface layer was aggregated and presented dark color due to the decomposition of the plant material in this area (A). A very compacted (C+) layer of yellowish color showing reduction spots around the decomposing organic matter was found in the center of the inter-row, below the surface layer.

DISCUSSION

Cultural soil profile

The results found in this study are confirmed by other studies (Mueller et al., 2009; Giarola, Tormena, Silva, Ball, 2009; Guimarães, Ball, Tormena, 2011) using the cultural soil profile method and visual evaluation of soil structure quality in different soils and managements. These studies concluded that this method allowed distinguishing the quality of soils of different use and management systems by evaluating the structure of the studied layer.

The cultural soil profile showed the effect of each management on the soil characteristics. A common characteristic was the presence of a very compacted layer at depth of approximately 20 cm, which was more evident in areas with turning of the soil (Figures 3 to 7), presenting an abrupt, easily distinguishable transition from soft to very compacted soil. The areas with inter-rows managed with plant cover or chemical control (Figures 1 and 2) presented more gradual transitions of the layers.

Two factors explain the presence of compacted layers in these areas. The first one is the variation of the soil management practices over the years in most areas;

producers adapt their management according to the climate—very humid soils impede mechanization of the areas—and the time available for the treatments of the crops. Thus, the soil of these areas had probably had some previous mechanization, making distinguishable the surface soft layers and deeper compacted layers. The second factor is the stabilization of the microbiota because of the lack of turning of the soil; the soil structure develops with the presence of aggregates when plant cover roots are present. However, the agricultural machines pass in the inter-rows, causing compaction. The microbiota and roots are located only in the surface soil layer, thus having a certain restructuring capacity, which does not happen in deeper layers, which present more evident compaction.

A marked characteristic of all areas was the soil friability with presence of aggregates in the planting rows. However, the passage of agricultural machines on the same places, due to the perennial characteristic of the crop, generates a strong horizontal contrast in the soil, with compacted soil in the inter-rows and no compaction in the rows.

The risk of erosion of exposed soils is great; and the turning of the soil in areas without plant cover made it clearer the occurrence of erosive processes. Moreover, some traces of the agricultural machines on the soil make the water that flows in the surface find preferential paths easily, potentiating erosive processes, especially in high slopes.

The results found through the cultural soil profile method and presented in this study are confirmed by those of Valois et al. (2014). These authors found traffic of agricultural machinery causing soil compaction in vineyards, with more significant compaction in the inter-rows due to the greater traffic intensity.

Cultural soil profile after rain simulation

The inter-rows of the areas managed with chemical control, and plant cover (Figures 1 and 2, respectively), and the area with turning of the soil (<10cm) with addition of shredded tree bark (Figure 7) presented no surface runoff. This was because of the soil characteristic (less compacted), which presented greater infiltration capacity than the simulated rainfall (20 mm). The soil surface layer was very wet after the test in these areas (Figures 1, 2 and 7), but the water concentrated mainly in the first 10 cm, i.e., just above the compacted layer (C or C+).

The soil of the area managed with chemical control (Figure 1) presented aggregates in the surface layer, which were characterized as very friable. This characteristic combined with the plant residues (dried material) left on the soil surface with this management, which reduces the impact of the raindrops, maintained the soil aggregates, resulting in water infiltration throughout the surface layer to the lower compacted layer (C).

These same characteristics were found in the area with turning of the soil (<10 cm) (Figure 7). Despite this treatment was performed in the surface layer, this area showed traces of shredded tree barks

that was added to the soil 3 years before this evaluation. This result implies two positive characteristics to reduce surface runoff and risk of erosion: the fragments protect the soil surface from the raindrops, and the decomposition of this plant material increases the amount of organic matter, contributing to the aggregate stabilization.

The area with plant cover (Figure 2) showed similar characteristics to the two previous ones, but the element protecting the soil from the raindrops and decreasing its shear force is the plant cover present in the inter-rows.

The areas with turning of the soil >10 cm (Figure 5), and <10 cm (Figure 6) were similar, but differing from the other managements. The aggregates of the turned soil, without plant cover or elements protecting it from raindrops (Figure 6) are easily destroyed, generating surface sealing of the soil. This sealing is a surface layer formed of fine earth that are rapidly saturated with water. The fine earth has high water retention capacity, but very low transferability, thus, the water infiltration capacity of the soil decreases and the surface runoff begins when this saturated layer is formed. The fine particles are then suspended and carried, causing erosion.

The areas with deep (>10cm) and surface (<10cm) turning of the soil presented water accumulation in the first centimeters due to the surface sealing, and the layer formed just below, still in the turned soil, was slightly moist.

Previous fieldwork had found strong risk of erosion in areas with deep turning of the soil in the winter period, when the land is heaped on the planting row, since these areas presented the greatest deposits of FE in their lower slopes (Hocde, 2010, Herbin et al., 2015). This risk of erosion was related to high compaction (C+, Figure 5) and very little permeability of the center of the inter-row; the FE is detached from the heaped soil and is easily carried by the flowing water.

The soil planed throughout the area (Figure 5B) form a soft soil layer on the compacted layer; thus, the water infiltration capacity was thought to be higher than that in the areas managed with surface turning of the soil (Figure 6). However, the soil was very little structured and when the surface sealing occurred, the erosive process began, and the amount of FE remaining in suspension was carried by the water, with formation of small channels in the center of the inter-rows, and large deposition of soil in the lower parts of the area.

The area managed with surface turning of the soil (<10 cm) without addition of shredded tree bark (Figure 6) was affected by the rain, generating small channels in the center of the inter-rows, but they were smaller than those found in the area with turning of the soil >10 cm. The area with turning of the soil <10 cm with addition of shredded tree bark (Figure 7) had not formation of channels, however, the surface runoff carried a large amount of tree bark fragments that were in the surface of the soil to the lower part of the area.

CONCLUSION

The soil of all areas had a compacted layer in the inter-rows at a depth of approximately 20 cm, regardless of the management used. The characteristics of the surface layers were different, according to the adopted soil management. The greatest compactions were found in the soil management with deep turning of the soil (>10 cm), followed by surface turning of the soil (<10 cm), and chemical control; and less compaction was found with the management with plant cover.

The greatest risk of erosion was found in areas with turning of the soil. Areas managed with deep turning of the soil (heaps in the winter) presented greater susceptibility to erosion combined with a very compacted soil layer in the center of the inter-rows.

The practice of addition of plant residues can be adopted to reduce risks of erosion in areas with surface turning of the soil; it provides a better structuring of the soil due to the input of organic matter and elements that protect the soil from raindrops, optimizing the water infiltration.

The cultural soil profile method was efficient in identifying physical problems in soils of vineyards and is a low-cost, accessible tool to producers. It allows producers to identify the effects of inappropriate practices for the maintenance of the soil structural quality in vineyards.

LITERATURE

Herbin, C.; Fabbri, L.; Ambroise, R. 2015. **Guide méthodologique de la démarche de gestion des paysages viticoles à destination des territoires**. Retrieved from: http://www.vignevin.com/fileadmin/users/ifv/outils-en-ligne/paysages_viticoles/IFV-guide-methodologique-paysage-viticoles-v2.pdf

Boizard, H.; Peigné, J.; Sasal, MC.; Guimarães, MF.; Piron, D.; Tomis, V.; Vian, JF.; Cadoux, S.; Ralisch, R.; Tavares Filho, J.; Heddadj, D.; Battista, J.; Duparque, A.; Franchini, JC.; Roger-Estrade, J. 2017. Developments in the "profil cultural" method for an improved assessment of soil structure under no-till. **Soil & Tillage Research**, 173:92-103,

BIVB - **Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne**. «História», 2012. Retrieved from: www.borgonha-vinhos.com.br

Brandão, VS.; Silva, DD.; Ruiz, HA.; Pruski, FF.; Schaefer, CEGR.; Martinez, MA. 2007. Perdas de solo e caracterização física e micromorfológica de crostas formadas em solos sob chuva simulada. **Engenharia Agrícola**, 27: 129-138.

Brenot, J., Quiquerez, A., Petit, C., Garcia, JP. 2008. Erosion rates and sediment budgets in vineyards at 1-m resolution based on stock unearthing (Burgundy, France). **Geomorphology**, 100: 345-355.

- Curmi, P.; Chatelier, M.; Trouche, G. 2006. **Characterization and modelling of water flow on vineyard soil. Effect of compaction and grass cover.** Congrès International des terroirs viticoles, p.145-150. Retrieved from: https://www.researchgate.net/profile/Pierre_Curmi/publication/284778281_Characterization_and_modelling_of_water_flow_on_vineyard_soils_Effect_of_compaction_and_grass_cover/links/566940db08ae7dc22ad40a85/Characterization-and-modelling-of-water-flow-on-vineyard-soils-Effect-of-compaction-and-grass-cover.pdf
- Gautronneau, Y., Manichon, H. **Guide méthodique du profil cultural.** CEREF-GEARA, Lyon. 1987. 62p. Retrieved from: http://www.supagro.fr/ress-pepites/sol/res/guide_manichon.pdf.
- Giarola, N.F.B.; Tormena, C.A.; Silva, A.P.; Ball, B. 2009. Método de avaliação visual da qualidade da estrutura aplicado a Latossolo Vermelho Distroférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, 39, 2531-2534.
- Gril, J.J. 2003. Intérêt de l'enherbement de la vigne pour limiter Le ruissellement, l'érosion et la pollution par les produits phytosanitaires. **Le Progrès Agricole et Viticole**, 120, 130-133.
- Guimarães, R.M.L.; Ball, B.C.; Tormena, C.A. 2011. Improvements in the visual evaluation of soil structure. **Soil Use and Management**, 27, 395-403.
- Hocde, A. 2010. Diagnostic territorial de la colline de Corton en vue de la mise en place du projet «Paysage de Corton». Mémoire. **SupAgro**: Montpellier – França, 82p. Retrieved from: https://web.supagro.inra.fr/pmb/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=81341
- Meteoblue. **Clima Dijon - 30 anos de dados meteorológicos históricos.** Retrieved from: https://www.meteoblue.com/pt/tempo/previsao/modelclimate/dijon_fran%C3%A7a_3021372. Access in: 30/10/2018
- Meteo France. **Pluies extrêmes en France métropolitaine.** Retrieved from: <http://pluiesextremes.meteo.fr/france-metropole/Regimes-pluviometriques.html>. Access in: 06/02/2018
- Muller, M.M.L.; Guimarães, M.F.; Pott, C.A.; Ralisch, R.; Tavares Filho, J. 2003. Perfil Cultural do Solo: Uma ferramenta na avaliação de sistemas de manejo. In: Sidnei Osmar Jadoski. (Org.). **Enfoques especiais para uma agricultura em desenvolvimento.** 1ed. Guarapuava: Ed. Unicentro, v.1, p.31-45.
- Mueller, L.; Kay, B.D.; Deen, B.; Hu, C.; Zhang, Y.; Wolff, M.; Eulenstein, F.; Schindler, U. 2009. Visual assessment of soil structure: Evaluation of methodologies on sites in Canada, China and Germany: Part I: Comparing visual methods and linking them with soil physical data and grain yield of cereals. **Soil & Tillage Research**, 103, 178-187.
- Roger-Estrade, J.; Richard, G.; Caneill, J.; Boizard, H.; Coquet, Y.; Défossez, P.; Manichon, H. 2004. Morphological characterisation of soil structure in tilled fields. From a diagnosis method to the modelling of structural changes over time. **Soil & Tillage Research**, 79, 33-49.
- Tavares Filho, J. Ralisch, R., Guimarães, M.F., Medina, C.C., Albino, L.C., Neves, C.S.V.J. 1999. Método do Perfil Cultural para a avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23,393-399.
- Valois, C.M.; Comin, J.J.; Veiga, M.; Brunetto, G.; Fayad, J.A.; Bauer, F.C.; Loss, A.; Moraes, M.P.; Lazzari, C.J.R. 2014. Atributos físicos de Cambissolo Háplico em vinhedos submetidos a intensidades de tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38, 1256-1267.

● CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

LISTA DE VERIFICAÇÃO INTEGRADA PARA A INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

**Simara Larissa Fanalli¹; Fernando Caixeta Lisboa²;
Patrícia Lopes Andrade²; Paulo Fernando Alves de Freitas³.*

RESUMO: A implantação de Boas Práticas de Fabricação (BPF) juntamente com o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) em indústrias de alimentação animal são fatores chave para o desenvolvimento da produção e confiabilidade. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é propor uma lista de verificação integrada com as normas de BPF e a ISO 9001:2015 para indústrias de alimentação animal. Para tanto, utilizou-se o método de investigação científica por pesquisa qualitativa, estudando a similaridade de normas, baseando-se no roteiro de Inspeção das BPF em estabelecimentos fabricantes de produtos destinados à alimentação animal, pertencente à Instrução Normativa nº 4, de 23 de fevereiro de 2007 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA em conjunto com requisitos de verificação da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ISO 9001:2015. Como resultado, obteve-se uma lista de verificação integração apta a ser aplicada, auxiliando assim, na rotina da indústria diminuindo o tempo com a análise da qualidade.

Palavras-chave: Integração. Boas Práticas de Fabricação. Qualidade.

INTEGRATED CHECK-LIST FOR FEED PRODUCTS IN ANIMAL INDUSTRY

ABSTRACT: The implementation of Good Manufacturing Practices (GMP) together with the Quality Management System (QMS) in animal feed industries are key factors for the development of production and reliability. In this context, the purpose of this article is to propose an integrated checklist with Good Manufacturing Practices (GMP) and ISO 9001: 2015 standards for animal feed industries. Hence, qualitative research method of scientific investigation was used, studying the similarity of norms, based on the script of Inspection of the GMP in establishments manufacturers of products destined to the animal feed, pertaining to the Normative Instruction nº 4, of 23 of February 2007 of the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply - MAPA in conjunction with verification requirements of the Brazilian Association of Technical Standards - ISO 9001: 2015. As a result, it was obtained a checklist integration to be applied, thus aiding in the industry routine by reducing the time with quality analysis.

Keywords: Integration. Good Manufacturing Practices. Quality.

* Autor Correspondente: simara.zootecnista@outlook.com

1 Discente Programa de Pós-Graduação em Controle de Qualidade de Processos Alimentícios, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Triângulo Mineiro – IFTM. Uberlândia, MG. Brasil. simara.zootecnista@outlook.com

2 Docente Programa de Pós-Graduação em Controle de Qualidade de Processos Alimentícios, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Triângulo Mineiro – IFTM. Uberlândia, MG. Brasil. fernandocaixeta@iftm.edu.br, patricialopes@iftm.edu.br

3 Mestre em Ciências Veterinárias - Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Brasil. pfafreitas@gmail.com

INTRODUÇÃO

Com a ascensão de novas tecnologias, tornou possível a redução dos custos de produção, diminuição dos prazos de entrega e, conseqüentemente, tornou os mercados competitivos. Assim, as Organizações são compelidas a buscar novos mecanismos para obter atenção dos consumidores, dentre eles a melhoria no controle de qualidade (SÁ, 2017), através do aperfeiçoamento contínuo do conjunto dos atributos sensoriais e ocultos como a segurança (controle de contaminantes), além dos constituintes químicos e propriedades funcionais que compõem a qualidade (ALVARENGA; TOLEDO, 2007).

A indústria de produtos para alimentação animal é um elo importante na cadeia de produção de alimentos (COELHO; TOLEDO, 2016). Segundo o boletim anual do Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal - SINDIRAÇÕES (2017), a produção total do ano de 2017 foi próxima a 71,4 milhões de toneladas de rações, significando aumento de aproximadamente 2% em relação ao ano de 2016.

As Boas Práticas de Fabricação (BPF) envolvem a junção de procedimentos higiênico-sanitários e operacionais, que devem ser executados em todo fluxo de produção até a distribuição do produto final. A adoção das BPF no setor de fabricação de alimentos balanceados é condição básica para assegurar a qualidade, constituindo uma das ferramentas de garantia do padrão exigido, tanto pelo mercado interno, quanto pelo mercado externo, (SINHORINI et al., 2015).

Na Instrução Normativa 04/2007 estão dispostos os requisitos higiênicos sanitários das instalações, equipamentos e utensílios, do pessoal e da produção, suas especificidades, além de estabelecer a obrigatoriedade da existência de no mínimo nove Procedimentos Operacionais Padrão (POP). Dentre eles, temos a qualificação de fornecedores e controle de matérias-primas e de embalagens; a limpeza/higienização de instalações, equipamentos e utensílios; higiene e saúde do pessoal; potabilidade da água e higienização de reservatório; prevenção de contaminação cruzada; a manutenção e calibração de equipamentos e instrumentos; o controle integrado de pragas; controle de resíduos e efluentes e o programa de rastreabilidade e recolhimento de produtos (Recall). Ou seja, encontram-se as BPF desde a obtenção dos ingredientes e matérias-primas até a distribuição do produto final, com o objetivo de garantir a qualidade, conformidade e segurança dos produtos destinados à alimentação animal (BRASIL, 2007).

A utilização de sistemas de gestão da qualidade (SGQ) auxilia na melhoraria do desempenho de uma indústria. Dentre esses sistemas, tem-se a Norma ISO 9001 que se baseia nos princípios de gestão da qualidade descritos na ISO 9000, destacando pontos como: foco no cliente; liderança; engajamento das pessoas; abordagem de processo; melhoria; tomada de decisão baseada em evidência, além de gestão de relacionamento (ABNT, 2015).

O processo de gestão da qualidade no setor de fabricação de ração inicia-se no escopo da fábrica, incluindo a construção, seleção, instalação dos equipamentos e os materiais que serão utilizados. A norma ISO 9001 atualizada em 2015, engloba o processo de desenvolvimento, implementação e melhoria da eficácia do sistema de gestão, aumentando conseqüentemente a satisfação do cliente. Os processos estão correlacionados como um sistema, contribuindo para a eficiência da organização em atender os requisitos do cliente (ABNT, 2015).

As certificações dentre os padrões ISO têm aumentado significativamente ao longo dos anos. De acordo com a última edição da pesquisa sobre ISO, em 2016 o número de organizações mundiais com sistemas de gerenciamento de qualidade certificados aumentou para 1.644.357 (ISO, 2017).

A ISO 9001:2015 possui uma lista de verificação (*check-list*), assim como os requisitos presentes na Instrução Normativa (IN), que auxiliam no monitoramento, pois, contém todos os tópicos necessários para acompanhamento e avaliação. A realização de auditoria interna é importante e deve ser planejada para diagnosticar as situações eficazmente em tempo hábil, para tomada de decisão, sempre na sequência dos processos de maior importância para os de menor, sendo evitadas auditorias em seu próprio setor de trabalho (HERTEL, 2015). Os benefícios são aprimorados quando ocorrem auditorias periódicas acopladas com ações corretivas e compromissos em todos os níveis da organização (LIM; PRAKASH, 2017).

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é propor uma lista de verificação para ser utilizada como instrumento de qualidade para a indústria de alimentação animal, integrando itens de verificação pertencentes à Instrução Normativa nº 4, de 23 de fevereiro de 2007 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA em conjunto com requisitos de verificação da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ISO 9001:2015.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho foi desenvolvido através do método de investigação científica por pesquisa qualitativa, estudando as particularidades do sistema de gestão da qualidade e instruções normativas do MAPA, servindo como alicerce para construção da lista de verificação a norma ISO 9001:2015 e a IN 04/2007 do MAPA. A análise dos dados se deu através das similaridades e divergências dos requisitos e posterior formatação de uma lista de verificação conjunta (*check-list*).

Foram utilizados dados das BPF no tocante a Rastreabilidade e recolhimento de produtos (pertencente à seção 9) e Manutenção e calibração de equipamentos e instrumentos (seção 6) (BRASIL, 2007). Da norma ISO 9001:2015 foram utilizadas às seções de Atividades pós entrega (seção 8.5.5); Controle de saídas não conforme (seção 8.7) e o Monitoramento e medição (seção 7.1.5.2) (ABNT, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise da legislação vigente de BPF Instrução Normativa nº 4, de 23 de fevereiro de 2007 do MAPA (BRASIL, 2007) e os requisitos de verificação

da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ISO 9001:2015 (ABNT, 2015), além da leitura da literatura científica existente sobre o assunto e uma visão sistêmica do processo produtivo, obteve-se por similaridade a lista de verificação (*check-list*) integrada apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: Requisitos de checagem relacionado a IN 04/2007 do MAPA a ISO 9001:2015 através do agrupamento de dados similares

ITENS A SEREM VERIFICADOS			
BPF - Rastreabilidade e recolhimento de produtos (seção 9)	SIM	NÃO	N/A*
Existe POP descrito que atende a legislação.			
Os procedimentos estão acessíveis.			
A execução dos procedimentos é monitorada dentro da frequência prevista, o monitor é treinado e os registros estão disponíveis.			
As ações corretivas são adequadas.			
A verificação é feita dentro da frequência prevista.			
Os registros estão disponíveis, sem rasura e em formulários próprios.			
ISO 9001:2015 - Atividades pós-entrega (seção 8.5.5)	Evidências		Obs.
A Organização atende aos requisitos para atividades pós-entrega associadas com os produtos e serviços.			
Na determinação da extensão das atividades pós-entrega requeridas, a Organização considera os requisitos estatutários e regulamentares.			
Na determinação da extensão das atividades pós-entrega requeridas, a Organização considera as consequências indesejáveis associadas aos produtos e serviços, o uso e tempo de vida dos produtos.			
Na determinação da extensão das atividades pós-entrega requeridas, a Organização considera os requisitos do cliente e a retroalimentação dos clientes.			
ISO 9001:2015 - Controle de saídas não conforme (seção 8.7)	Evidências		Obs.
A Organização assegura que saídas que não estejam conformes com seus requisitos sejam identificadas e controladas para prevenir seu uso ou entrega não pretendido.			
A Organização toma ações apropriadas baseadas na natureza da não conformidade e seus efeitos sobre a conformidade de produtos e serviços.			
A Organização lida com saídas não conformes executando correções e presta informações aos clientes.			
A Organização lida com saídas não conformes fazendo segregação, contenção, retorno ou suspensão de provisão de produtos e serviços.			
A Organização lida com saídas não conformes através da obtenção de autorização para aceitação sob concessão.			
A Organização retém informação documentada que descreve a não conformidade devidamente preenchida.			
BPF - Manutenção e calibração de equipamentos e instrumentos (seção 6)	SIM	NÃO	N/A*
Existe POP que atende a legislação e estão acessíveis para consulta			
A execução dos procedimentos é monitorada dentro da frequência prevista e as correções são anotadas.			
A verificação do procedimento é feita dentro da frequência prevista, o verificador é treinado e os registros estão disponíveis, existe cronograma preventivo.			
Os registros são feitos em formulários próprios, sem rasuras, íntegros, datados e assinados.			
ISO 9001:2015 - Monitoramento e medição (seção 7.1.5.2)	Evidências		Obs.
Quando a rastreabilidade de medição é requisito, ou considerada pela Organização os equipamentos são verificados ou calibrados de acordo com padrões de medição.			
A Organização retém informação documentada da base usada para calibração ou verificação quando não existe padrões de medição rastreáveis.			
Quando a rastreabilidade de medição é requisito, ou considerada essencial, os equipamentos são salvaguardados contra ajustes, danos ou deterioração.			

*N/A: não se aplica. Obs.: Observações. Fonte: Adaptado de BRASIL, (2007) e ABNT, (2015).

No quadro 1, pode-se observar a integração entre os itens de verificação das normativas. Entre eles, rastreabilidade e recolhimento de produtos, as atividades pós-entrega, controle de saídas não conforme, além da manutenção e calibração de equipamentos e instrumentos e monitoramento e medição das BPF e da ISO 9001: 2015.

Em rastreabilidade e recolhimento de produtos na seção 9, contemplam-se os fatores que impactam o processo desde a obtenção da matéria-prima até o produto final. No Manual de BPF, como consta na IN 04/2007, os nove POP's obrigatórios que serão verificados em todos os itens, devem estar disponíveis e de fácil acesso para a auditoria e para os funcionários.

Em relação ao monitor, é verificado se o mesmo se encontra capacitado para a função através de treinamentos e se os registros estão disponíveis (BRASIL, 2007). Integrado a ISO 9001:20015 os itens das atividades pós-entrega (seção 8.5.5) que trata dos requisitos de pós-entrega dos produtos ou serviços, se há controle das consequências indesejadas e se possuem processo de retroalimentação, a seção de Operação seção 8.7, também pode ser englobada nos requisitos e com isso serem analisadas juntamente, consta sobre o controle de saídas não conformes, se há verificação sobre a identificação das saídas, seu controle, suas correções, retorno ou suspensão, e, se há informação ao cliente, além da documentação que descreva a não conformidade, as ações tomadas e as concessões obtidas (ABNT, 2015).

Tratando-se da manutenção e verificação, calibração dos equipamentos e registros íntegros, além de evidências constatadas sobre a rastreabilidade de medição, verifica-se os equipamentos, se estão corretamente identificados e, se são salvaguardados contra ajustes, danos ou deterioração que invalidem a situação de calibração e os resultados. A organização, de acordo com a ISO 9001:2015 deve determinar a validade de resultados de medição anterior, caso o equipamento tenha sido constatado inapropriado (ABNT, 2015). Em similaridade, pelos requisitos da IN verifica-se a disponibilidade dos procedimentos aos colaboradores, se ocorre monitoramento dos equipamentos, se é realizado na frequência esperada e as ações realizadas conforme programado. Ainda de acordo com este, deve-se manter um cronograma de manutenção preventiva e calibração dos equipamentos, formando assim mais um conjunto de verificação (BRASIL, 2007).

Sá (2017) criou um *check-list* para a ISO 9001:2015 no qual ressaltou a importância de identificar o estado das saídas em relação aos requisitos de monitorização e medição ao longo de um processo. E através do preenchimento do *check-list* conseguiu recolher as necessidades que são apresentadas nos pontos de compreensão do contexto da Organização determinando as questões internas e externas (requisito 4.1); da determinação das partes interessadas e dos seus requisitos (requisito 4.2); da determinação dos riscos associados ao SGQ e respectivos processos (requisito 4.4 alínea g.); na promoção do pensamento baseado no risco pela Gestão de Topo (requisito 5.1.1 alínea d.); a determinação dos riscos e oportunidades que afetam os produtos, serviços e a satisfação do cliente (requisito 5.1.2 alínea d.); e a determinar ações para tratar riscos e oportunidades (requisito 6.1).

Nos requisitos da Norma ISO 9001:2015, em relação ao contexto da organização disponível na seção 4, a qual determina as questões externas e internas, a pertinência para o seu propósito e seu direcionamento, verifica-se também se ocorre monitoramento e análise crítica da informação, os pontos de análise sobre os processos, seus critérios e métodos, além de toda informação a ser devidamente documentada (ABNT, 2015).

E, podem ser dispostos juntamente com a avaliação dos procedimentos operacionais e análise, presentes nos requisitos de BPF (BRASIL, 2007).

De acordo com pesquisa realizada por Sá (2017), com os dados obtidos pelo *check-list*, através do cruzamento dos resultados da verificação interna com a análise externa do contexto da organização, a empresa analisada obteve através da utilização da ferramenta Matriz SWOT (*Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças) um quadro para analisar os riscos e oportunidades, posteriormente utilizados para traçar a estratégia de atuação no mercado.

Outras similaridades são observadas em verificação de planejamento, ação de risco e oportunidades, objetivos e metas de alcance, presente na seção 6 da ISO 9001:2015. A organização estabelece os objetivos da qualidade em suas funções, níveis e processos que são necessários para o sistema de gestão da qualidade, se são coerentes e mensuráveis, além dos riscos e oportunidades a serem abordados. Concomitantemente a isso, reúnem-se as medidas de planejamento de mudanças, na qual a organização considera o propósito, as potenciais consequências e a integridade do SGQ (ABNT, 2015). Esses requisitos podem ser analisados juntamente à avaliação de edificação e instalações, item 1 do Manual de BPF, o qual verifica-se a infraestrutura das áreas externa e interna, tanto para funcionários, quanto para visitantes, os tipos de móveis e utensílios que foram utilizados, e também a avaliação de sistema de controle de pragas e vetores, o abastecimento de água, a coleta de lixo e o manejo de resíduos da indústria (BRASIL, 2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições experimentais em que este trabalho foi realizado, concluiu-se que foi possível propor a integração das normas BPF e ISO 9001:2015, utilizando uma lista de verificação específica para a indústria de alimentação animal. Deste modo, espera-se que a rotina organizacional possa ser mais ágil, uma vez que se dinamiza a apuração, correção e armazenamento das informações traduzindo-se em garantia da integridade do alimento e à saúde do consumidor, bem como, assegurando, medindo e avaliando continuamente o processo.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA A.; TOLEDO J. C. **Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) como sistema para garantia da qualidade e segurança de alimentos:** estudo de caso em uma pequena empresa processadora de bebidas. [S.l.]: Universidade de São Carlos – Grupo de Estudo em Qualidade, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR ISO 9001:2015. **Sistema de Gestão da Qualidade: requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BRASIL. Instrução Normativa nº 04, de fevereiro de 2007. Regulamento Técnico Sobre as Condições Higiênic-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Brasília, DF, [s.n], 2007.

COELHO, R.P.; TOLEDO J.C. Programas para segurança na indústria de alimentos para animais: caracterização e benefícios percebidos com a implantação. **Gest. Prod.**, São Carlos. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X2262-16>> Acesso em: 11 dez. 2017.

HERTEL, M. **A implementação da norma ABNT NBR ISO 9001:** 2008 em uma fábrica de rações para aves de corte e suínos (Monografia). Especialização em Engenharia da Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná: Curitiba, 2015.

ISO, The ISO Survey of Certifications 2016, International Organization for Standardization. Geneva: [s.n], 2017.

LIM, S. PRAKASH, A. From Quality Control to Labor Protection: ISO 9001 and Workplace Safety, 1993–2012, **Global Policy.**, v. 8, Supplement 3, may 2017.

SÁ, C.M.A., **Sistema de Gestão da Qualidade:** um ensaio numa empresa de Agregados e Betão Pronto. (Dissertação), Mestrado em Engenharia, Instituto Politécnico de Viseu, Mecânica e Gestão Industrial, [s.l.], 2017.

SINDIRAÇÕES. Sindicato Nacional Industrial de Alimentação Animal. **Boletim informativo do setor. Oportunidades, responsabilidades e sustentabilidade.** Disponível em: <http://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2017/12/boletim_informativo_do_setor_dez_2017_vs_final_port_sindiracoes.pdf> Acesso em: 24 de dez. 2017.

SINHORINI M. R., OLIVEIRA L. S., ALFARO A. T. **Implantação e avaliação das Boas Práticas de Fabricação – BPF:** estudo de caso. Ribeiro de Janeiro: [s.n.], 2015.

● CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ESTUDO DE CASO: EFICIÊNCIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE DE EMPRESA DE RECICLAGEM DE GARRAFAS PET

**Juliana de Andrade e Silva¹, Claudia Maria Tomás Melo²*

RESUMO: Este estudo teve como objetivo avaliar parâmetros físico-químicos do efluente de cinco etapas de uma estação de tratamento (ETE) de indústria de reciclagem de garrafas PET e verificar a eficiência do tratamento realizado, mostrando a importância deste para o meio ambiente, além de comparar os parâmetros da etapa final com o que é estabelecido pela Resolução do CONAMA N° 430 de 2011. Após a avaliação dos parâmetros da ETE foi feita a realização de teste de jarros com 4 diferentes coagulantes para verificar qual o mais eficiente no processo de coagulação/floculação para o tratamento deste efluente em questão. Em relação aos parâmetros DQO e DBO, houve redução dos mesmos respectivamente de 56,49 % e 58,53 % ao final do processo. Embora os parâmetros avaliados não apresentassem redução elevada (90 a 100 %), verificou-se que apenas o parâmetro DBO não atendeu ao especificado na Resolução supracitada, que estabelece remoção mínima de 60 %. Por meio do teste em jarros com o efluente da entrada e saída da ETE, verificou-se que não foi possível indicar qual é o coagulante mais eficiente para o tratamento deste tipo de efluente devido à heterogeneidade das amostras analisadas

Palavras-chave: Coagulantes. CONAMA N° 430/2011. Recursos hídricos.

CASE STUDY: EFFICIENCY OF AN EFFLUENT TREATMENT STATION FROM A "PET" BOTTLE RECYCLING COMPANY

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the physico-chemical parameters of the five-stage effluent from a PET bottle recycling plant (ETE) and to verify the efficiency of the treatment carried out, showing its importance to the environment, as well as comparing the parameters of the final step in accordance with established by the Resolution of CONAMA No. 430 of 2011. After the evaluation of the parameters of the ETE a test of jars was carried out with 4 different coagulants to verify which one is more efficient in the process of coagulation / flocculation for the treatment of this effluent in question. Regarding the COD and BOD parameters, they were reduced by 56.49% and 58.53% respectively at the end of the process. Although the parameters evaluated did not show a high reduction (90 to 100%), it was verified that only the parameter BOD did not meet the one specified in the Resolution above, which establishes a minimum of 60% removal. Using the test in jars with the ETE inlet and outlet effluent it was verified that it was not possible to indicate which is the most efficient coagulant for the treatment of this type of effluent due to the heterogeneity of the samples analyzed.

Keywords: Coagulants. CONAMA N° 430/2011. Hydric resources

* Autor Correspondente: julianaandrade@hotmail.com

1 Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Triângulo Mineiro - IFTM, julianaandrade@hotmail.com

2 Doutora, Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Uberlândia, MG. Brasil. claudiameo@iftm.edu.br

INTRODUÇÃO

A poluição da água doce é uma das principais preocupações da sociedade moderna, pois ela é um recurso extremamente limitado e imprescindível à vida. Apenas 1% da água na superfície do planeta é facilmente acessível e está apta para o consumo humano, representando um dos fatores limitantes para o crescimento econômico do século XXI (BERTOLETTI, 1990).

Atualmente um dos problemas mais sérios de poluição refere-se aos efluentes industriais, devido à grande variedade de atividades desenvolvidas pela indústria e com características muito diversas, variando inclusive dentro do mesmo local gerador, contendo os mais variados tipos de substâncias, das quais muitas são extremamente tóxicas, podendo ter efeitos adversos sobre todos os seres vivos, caso as mesmas atinjam qualquer recurso hídrico (MIERZWA, 2002).

A otimização de recursos e ações de controle de poluição tem se tornado cada vez mais necessária e pressupõe-se o estabelecimento de prioridades como o conhecimento da vazão e da composição do efluente industrial para o seu tratamento.

Estas características são de fundamental importância para definir o tipo de tratamento, avaliar o enquadramento na legislação ambiental e estimar a capacidade de autodepuração do corpo receptor. Neste sentido, é preciso caracterizar, quantificar e tratar os efluentes, minimizando impactos ambientais e outros problemas provenientes da produção e descarte de efluente indevidos ao meio (SANTOS et al., 2014).

No caso específico das embalagens plásticas provenientes de alimentos, bebidas, produtos de limpeza, frascos de óleos, entre outros, descartadas por usuários urbanos e rurais, evidencia-se um problema ambiental passível de ser gerado por esses resíduos quando dispostos em aterros sanitários ou quando incinerados. Quando destinados à reciclagem, essas embalagens são submetidas a operações de acondicionamento, transporte, triagem, remoção de rótulos, picagem, lavagens e reprocessamento para fabricação de novas embalagens ou outros produtos plásticos, podendo gerar outras formas de poluição através do efluente gerado no processo de reciclagem, caso não seja tratado (BERTOLETTI, 1990).

O potencial ambiental e econômico desperdiçado com a destinação inadequada de plástico é em média de R\$ 5,08 bilhões por ano segundo o Instituto de pesquisa Econômica Aplicada. De acordo com a Relação Anual de Informação Social (RAIS), existem no Brasil 1.029 estabelecimentos industriais dedicados à recuperação de materiais plásticos espalhados pelo Brasil, que empregam, segundo essa fonte, 9,7 mil pessoas diretamente (PERFIL..., 2014).

Há uma demanda crescente por estudos em reciclagem devido ao crescente interesse dos órgãos do governo e da iniciativa privada em resolver o problema da geração de resíduos sólidos, especialmente os urbanos.

Para Valle (1996) a reciclagem tem como maiores estímulos dois fatores: possibilita reduzir substancialmente o volume dos resíduos urbanos a serem dispostos ou tratados e permite a recuperação de valores contidos nesses resíduos urbanos que, de outra forma, seriam perdidos. Destaca-se ainda que além dos aspectos ambientais positivos, a reciclagem é uma atividade que pode ser viável economicamente, capaz de gerar ganhos econômicos, assim como gerar empregos, conforme verificado pela existência de cooperativas onde é realizada a triagem de "lixo" seco para a venda a empresas recicladoras (ROLIM, 2000).

Além disso, cresce o número de empresas que operam com reciclagem, pois esta é uma área ainda em desenvolvimento e ampliação com muitos empreendedores apostando neste novo nicho de mercado. De acordo com a FIESP, a reciclagem movimenta, atualmente, R\$ 4 bilhões por ano no Brasil, e pode chegar a R\$ 10 bilhões (CASTRO et al., 2011).

Devido à grande importância do tratamento dos efluentes, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar o efluente de uma empresa de reciclagem de garrafas PET em MG, visando, futuramente, propor modificações viáveis no tratamento já existente, de forma a otimizar o tratamento, atendendo às legislações federais e/ou regionais.

MATERIAL E MÉTODOS

A empresa de reciclagem onde foram coletadas amostras para análises físico-químicas possui uma área de 1200 m² e contribui de forma direta e indireta para geração de emprego e renda no município no qual se localiza. A empresa atuava, na época da pesquisa, com cerca de 20 funcionários diretos e 5 indiretos e com uma renda bruta de R\$300.000,00 (mês), atuando no ramo de atividades na reciclagem de materiais plásticos do tipo PET, sendo enquadrada na DN/4 com o código F-05-02-9 reciclagem de plásticos com a utilização de processo de reciclagem a base de lavagem com água. A empresa produzia 250 toneladas/mês de *flakes* nas cores cristal-verde-azul e mistos provenientes do processo de reciclagem.

Após o processo de produção de *flakes*, a empresa era responsável por tratar, dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação municipal de lançamento de efluentes, todo o efluente gerado na empresa. Ao final do tratamento, todos os parâmetros finais deveriam atender à Resolução do CONAMA N° 430 de 2011.

Coleta de amostras para análises físico-químicas

Para a realização dos experimentos foram coletadas amostras de cinco etapas de tratamento do efluente da indústria de recicláveis PET de Minas Gerais. O efluente líquido da indústria foi coletado, semanalmente, num período de dois meses consecutivos, para a sua caracterização, com um total de cinco repetições.

As coletas foram realizadas somente em dias ensolarados e em horários pré-estabelecidos para que não ocorressem interferências nos resultados das análises. No local da coleta foram realizadas as análises de pH e temperatura e o restante das amostras foram conduzidas ao laboratório de físico-química do IFTM - *Campus* Uberlândia e a um laboratório particular da cidade de Uberaba, pois algumas análises não foram possíveis de serem realizadas no laboratório do *Campus* Uberlândia. A amostra 1 referiu-se ao efluente de entrada (efluente bruto) do tratamento preliminar. A amostra 2 foi obtida do efluente do tanque de equalização, antes dos processos de decantação, onde adicionou-se o coagulante Cloreto de amônio a 1%. A amostra 3 foi coletada no tanque de coagulação/floculação (após a decantação). As amostras 4 e 5 foram coletadas, respectivamente, no tanque de aeração e ao final do tratamento. Em todas as análises realizadas foram avaliados os parâmetros de pH, temperatura, turbidez, cor, condutividade, acidez, alcalinidade, dureza, sólidos sedimentáveis, oxigênio dissolvido, DQO e DBO, além de todos os sólidos, segundo a metodologia de *American Public Health Association* et al. (1999) e Macêdo (2003).

Teste de diferentes coagulantes no processo de floculação de efluente proveniente de reciclagem de garrafas pet

Posteriormente à caracterização do efluente em cada etapa, foi realizado um teste de bancada com ensaio de jarros que teve como objetivo avaliar a eficiência dos coagulantes (Tanfloc, Poliacrilamida, Sulfato de alumínio e Chitosan), comparando a DQO e a turbidez das amostras de efluente da entrada e saída da ETE da indústria de recicláveis PET.

Para o preparo da solução do coagulante sulfato de alumínio foram pesados 40 g de $Al_2(SO_4)_3 \cdot H_2O$ p.a na forma de pó que foram dissolvidos em 500 mL água destilada. Em cada jarro do *jarTest* adicionou-se 1,0 L do efluente a ser analisado. No jarro 1, adicionou-se

água destilada (branco), no jarro 2, adicionou-se um volume da solução de sulfato de alumínio de forma a obter a concentração final de 50 mg L⁻¹ e, no jarro 3, 100 mg L⁻¹, respectivamente, do coagulante. Neste momento, os tubos com os coagulantes foram colocados em agitação rápida a 26,18 rad s⁻¹ por 5 minutos. Depois de cronometrado o tempo, a agitação foi diminuída para 6,28 rad s⁻¹ por 10 minutos e logo em seguida foi desligada a agitação deixando a amostra por 20 minutos em repouso absoluto para sedimentação.

Para o preparo da solução de coagulantes Chitosan (ensaio em teste de jarros) foi dissolvido de 0,5 g do pó de Chitosan em 1,0 L de solução de HCl 0,5 mol L⁻¹, deixando sob agitação em aproximadamente 30 rpm durante 48 horas, seguido 30 minutos em banho ultra-som.

Para o coagulante Tanfloc, primeiramente, foram pesadas 10 g de Tanfloc SG[®] na forma de pó dissolvido em 500 mL de água destilada.

Para o preparo da solução do coagulante Poliacrilamida (PAM), primeiramente, foram preparados 50,0 mL de PAM concentrada com NH₄OH da GHS Química, na forma líquida, dissolvida em 500 mL de água destilada.

Em cada jarro do *jarTest* adicionou-se 1,0 L do efluente a ser analisado e realizaram-se os testes conforme o procedimento descrito para o sulfato de alumínio.

Para o cálculo da eficiência dos coagulantes no tratamento de efluentes foram realizadas as análises físicas e químicas de pH, temperatura, turbidez e DQO antes e após o teste de jarros. Para o cálculo da eficiência do coagulante, o valor do parâmetro no início de cada etapa foi considerado 100 % e a redução do mesmo (valor inicial- valor final) foi considerado x %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os resultados experimentais médios dos parâmetros avaliados nas cinco etapas de tratamento da Empresa de Reciclagem.

Tabela 1. Resultado médio das análises físico-químicas das 5 etapas (E1, E2, E3, E4, E5) da ETE da indústria de reciclagem de garrafas PET

Parâmetros	E1	E2	E3	E4	E5
pH	6,32	7,00	6,28	6,04	6,03
T (°C)	21,70	22,30	22,42	22,40	22,53
Turbidez (NTU)	593,50	1055,80	1398,60	1171,20	989,25
Cor (PtCo)	1741,0	8831,0	4222,0	3514,8	3143,3
Condutividade (mS cm ⁻¹)	10,40	7,28	11,66	8,69	10,12
Acidez (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	800,8	594,0	748,0	657,4	521,4
Alcalinid (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	95,1	89	114	72,6	61,5
Dureza (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	278,84	264,75	585,31	188,55	217,09
Sól Sedimentáveis (mg L ⁻¹ h ⁻¹)	0,075	7,88	1,82	0,12	0,55
OD (mg L ⁻¹)	5,1	6,88	6,86	7,1	6,7
DQO (mg L ⁻¹)	6004,53	5179,66	3120,66	2604,62	2612,52
DBO (mg L ⁻¹)	521,7	232,5	212	168,6	216,3

Parâmetros	E1	E2	E3	E4	E5
Sólidos Totais (mg L ⁻¹)	2786,25	3942,8	3360,6	2119,6	2048,0
Sólidos Totais Fixos (mg L ⁻¹)	1227,0	829,8	1277,6	853,4	1093,3
Sólidos Totais Voláteis (mg L ⁻¹)	1559,3	3113,0	2083,0	1266,2	1101,8
Sól. Suspensão Tot. (mg L ⁻¹)	312,0	1230,4	721,8	455,3	315,7
Sól. Suspensão Fixos. (mg L ⁻¹)	23,5	177,0	356,0	51,5	310,5
Sól. Suspensão Vol. (mg L ⁻¹)	316,7	1248,0	442,5	511,7	184,0
Sól Dissolvidos (mg L ⁻¹)	3043,0	2683,5	2482,0	1998,5	1484,3
Sól Dissolvidos Fixos (mg L ⁻¹)	1470,3	546,5	928,0	865,3	705,8
Sól Dissolv. Voláteis (mg L ⁻¹)	1566,0	2085,3	1522,0	1096,3	778,5

Fonte: os autores

Observa-se que o efluente da indústria de recicláveis PET apresentou turbidez, cor e condutividade bastante elevadas. O valor médio da DQO na etapa final de tratamento foi de 2612,52 mg L⁻¹, com redução de 56,5 % em relação à etapa 1 do tratamento, não atendendo à legislação a nível nacional de acordo com a Resolução CONAMA número 430 de 2011 (BRASIL, 2011) e, menos ainda, a Legislação Municipal que estabelece parâmetros municipais para lançamentos no corpo receptor da cidade com valores entre 400 e 800 mg L⁻¹. Embora a empresa já possua uma ETE com diferentes etapas para tratamento, novos testes têm sido realizados, utilizando o coagulante sulfato de alumínio e hidróxido de amônio nos tanques de equalização e floculação, objetivando reduzir o valor da DQO a níveis aceitáveis.

Segundo Schoenhals (2006), o principal problema nas ETE das agroindústrias consiste na alta carga de matéria orgânica a ser tratada, como óleos, graxas e nitrogênio total, conforme se observa na indústria em análise.

Segundo Casali (2011), na indústria de reciclagem de PET, os detergentes são muito utilizados para a limpeza das garrafas, gerando um efluente com alta DQO, alta DBO e pH elevado, concordando com a problemática da Indústria em estudo, onde a DQO, mesmo na etapa final, continua bastante elevada.

Para Beltrame (2000), o efluente após tratamento deve reduzir de 55 a 90 % a DBO, de 90 a 95 % a cor, de 60 a 70 % os sais formadores de detergentes e o pH deve estar entre 6,4 e 6,6. Neste estudo, verificou-se que a DBO foi reduzida em 58,4 %, mas a cor do efluente da última etapa de tratamento aumentou em 180,4 % em relação à etapa 1, sendo necessários, portanto, estudos para reduzi-la.

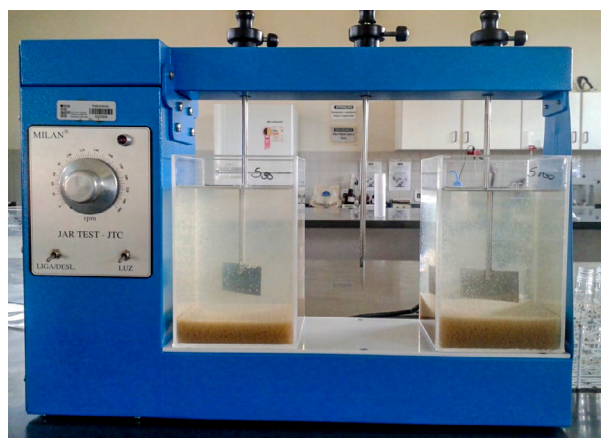
Segundo a Resolução CONAMA N° 430 (BRASIL, 2011) o pH do efluente a ser descartado em um corpo receptor pode estar na faixa de 5,0 a 9,0; com temperatura inferior a 40 °C, com sólidos sedimentáveis até 1mL L⁻¹ em teste de 1h em cone *Inmhoff*. A remoção mínima de DBO (5 dias e 20°C) deve ser de 60 %, sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso da existência de autodepuração do corpo hídrico.

Dos parâmetros mencionados acima, exceto a DBO que apresentou eficiência de 58,54 % todos os demais parâmetros avaliados na ETE em estudo atendem ao estabelecido na Resolução CONAMA N° 430 de 2011 (BRASIL, 2011).

Ao realizar estudos com os coagulantes sulfato de alumínio, Tanflox, Poliacrilamida e Chitosan com efluentes da entrada e saída da ETE, coletados em dias e horários diferentes, devido ao funcionamento da indústria, verificou-se que a eficiência dos coagulantes dependia da concentração e características do efluente. Como os experimentos aconteceram com amostras reais e com concentrações de matéria bastante variadas, devido aos diferentes dias e horários de coleta, nesta última etapa do trabalho, não foi possível definir qual o melhor coagulante para este tipo de efluente. Em alguns experimentos a eficiência de remoção de DQO foi de 95 %, enquanto que em outros a eficiência foi negativa, indicando que o próprio coagulante contribuía para aumento da DQO do meio. Como o efluente era real, não foi feito o controle do pH do meio ao se fazer o tratamento com os diferentes coagulantes, conforme procedimento realizados por Vaz et al. (2010) e Bongiovani et al. (2010), e, verificou-se, portanto, a importância do controle do pH do meio para atuação dos coagulantes numa amostra de efluente.

Observa-se, na Figura 1, um bom estágio de coagulação do efluente, apresentando eficiência na remoção da matéria, o que foi verificado com os testes de DQO e turbidez ao utilizar o coagulante sulfato de alumínio, embora o mesmo não tenha acontecido os demais coagulantes em estudo.

Figura 1. Visualização da amostra sendo tratada com o coagulante sulfato de alumínio



Fonte: autores

Silva et al. (2007) estudaram pós-tratamentos de efluentes provenientes de reatores anaeróbios de manta de lodo pelo uso de coagulantes naturais (*Moringa oleifera*, Lam) e não-naturais. Para tanto, foram realizados vários ensaios de jarros (*jarrest*) utilizando tanto esgoto sanitário bruto, quanto efluente de um reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) em escala de laboratório. Foram testadas várias dosagens de coagulantes naturais e os autores verificaram que o coagulante natural (tanino de moringa) forneceu baixas remoções de turbidez quando comparado com o coagulante não-natural cloreto férrico, tanto para o esgoto bruto, como para o efluente do reator UASB, havendo questionamento da real aplicação da moringa no tratamento físico-químico de esgoto sanitário, discordando dos estudos de Ströher et al. (2012). Adicionalmente, verificou-se um efeito negativo do uso das sementes de moringa (coagulante de origem vegetal) mediante a detecção de um aumento considerável nas concentrações finais de DQO e turbidez, quando o efluente anaeróbio era testado. Os resultados mostraram que, de uma forma geral, a semente de moringa se mostrou ineficiente na remoção de contaminantes físico-químicos e microbiológicos presentes em esgotos sanitários brutos e efluentes anaeróbios.

Baseado nos estudos dos autores supracitados verificou-se que a escolha do coagulante depende das características do efluente, ou seja, um coagulante pode ser eficiente para um efluente em específico e não promover nenhuma ação de coagulação para outro efluente com características diferentes. Segundo Pavanelli (2001), em seus estudos sobre a eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação em processo de tratamento de água com cor e turbidez elevada, o cloreto férrico mostrou melhor desempenho para baixos valores de pH, o sulfato férrico mostrou-se mais econômico e o hidróxido de alumínio atuou numa grande faixa de pH. Conclui-se, portanto, que para cada água ou efluente a ser tratado há necessidade de analisar o diagrama de coagulação, visando otimizar o pH versus dosagem, buscando o melhor coagulante pelo menor preço. Rôla et al. (2016), ao estudar a avaliação da eficiência de coagulantes comerciais (Policloreto de Alumínio (PAC) e Tanfloc-SL) em sistemas de tratamento de água, concluíram que a substituição do PAC pelo Tanfloc-SL gera uma economia de 49,61% considerando os custos com coagulantes e desinfetantes.

Portanto, para verificar a eficiência real dos coagulantes são necessários testes com efluentes padrões em termos de carga orgânica e inorgânica, além de verificar qual o pH específico para atuação de cada coagulante, pois o processo de coagulação química é função do pH do meio. Cada coagulante tem uma porcentagem de dissociação em pH específico, e, conseqüentemente, capacidade para promover a coagulação.

Embora todas as etapas do processo de tratamento de efluente sejam importantes, a etapa de coagulação é prioritária, uma vez que os sólidos em suspensão

ao se “coagularem” ou se “aglutinarem” maximizam a etapa de sedimentação, ou seja, quanto mais eficiente a coagulação melhor os resultados obtidos na sedimentação, reduzindo o custo das etapas posteriores.

CONCLUSÕES

De modo geral, os efluentes provenientes de indústrias de recicláveis PET apresentam alta DQO, turbidez, cor e sólidos totais, sendo a parcela de sólidos sedimentáveis muito inferior à dos sólidos dissolvidos e a ETE em estudo, embora não atenda a Resolução do CONAMA N° 430 de 2011, apresentando alta remoção da maioria dos parâmetros analisados, contribuindo assim para a redução da poluição ambiental ao descartar seu efluente em um corpo receptor.

Não foi possível detectar, através dos testes experimentais e com os quatro coagulantes em estudo, qual seria o mais eficiente para o tratamento deste tipo de efluente devido à heterogeneidade das amostras analisadas e a falta de controle do pH. Através dos testes experimentais, verificou-se que a simples homogeneização da amostra e a decantação natural contribuem para a redução da DQO, dependendo das características da amostra analisada.

Como os sólidos em suspensão deste efluente eram muito inferiores aos sólidos dissolvidos, os coagulantes em testes provavelmente não foram capazes de promover a coagulação das partículas suficiente para promover a sedimentação, e, conseqüentemente, retirá-las do meio aquoso, nas condições em estudo.

Não foi possível definir, portanto, um coagulante ótimo para ser utilizado no processo de tratamento de efluente de empresas de recicláveis PET com os testes realizados.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo apoio recebido para a compra de equipamentos e reagentes para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington, DC, 1999.

BELTRAME, L. T. C. **Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento**. 2000. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2000.

BERTOLETTI, E. Estimativa da carga tóxica de efluentes industriais. **Ambiente**, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 54-61, 1990.

- BONGIOVANI, M. C.; KONRADT-MORAES, L. C.; BERGAMASCO, R.; LOURENÇO, B. S. S.; TAVARES, C. R. G. Os benefícios da utilização de coagulantes naturais para a obtenção de água potável. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 32, n. 2 p. 167-170, 2010.
- BRASIL, RESOLUÇÃO CONAMA 430, DE 13 DE MAIO DE 2011. "Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA." - Data da legislação: 13/05/2011 - Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89 <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 10 nov. 2017.
- CASALI, D. J. **Tratamento do efluente de uma recicladora de plásticos utilizando coagulante não metálico e compostagem**. 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
- CASTRO, J. D. B.; OLIVEIRA, B de; SANTOS, R. L. A indústria da reciclagem, o lixo e os catadores: um estudo em Anápolis/GO. **Revista Anápolis Digital**, v. 2, n. 1, 2011. Disponível em: <<http://www.anapolis.go.gov.br/revistaanapolisdigital/wp-content/uploads/2011/07/A-INDUSTRIA-DA-RECICLAGEM-O-LIXO-E-OS-CATADORES-UM-ESTUDO-EM-ANAPOLIS-GO1.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE TRANSFORMAÇÃO DE MATERIAL PLÁSTICO. Associação Brasileira da Indústria do plástico - ABIPLAST. PERFIL 2014. Disponível em: <http://file.abiplast.org.br/download/links/2015/perfil_abiplast_2014_web.pdf>. Acesso em: 18 set. 2018.
- MACÊDO, J. A. B. de **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas** 3. ed. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química, 2003. 450 p.
- MIERZWA, J. C. **O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria**: estudo de caso da Kodak brasileira. 2002. 367 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. 2001. 216 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.
- RÔLA, A. K .K.; CASTRO de, G. M. de; SANTANA, H. F.; SOUZA, J. J. L. de; SILVA, D. de J. Avaliação da eficiência de coagulantes comerciais para aplicação em sistemas de tratamento de água. **Journal of Chemical Engineering and Chemistry**, [S.l.], v. 2, n. 3, p. 14-33, 2016.
- ROLIM, A. M. A reciclagem de resíduos plásticos pós consumo em oito empresas do Rio Grande do Sul. 2000. 142 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- SANTOS, J. J. N. dos; SOUSA, I. C. dos S.; BEZERRA, D. C.; COIMBRA, V. C. da S; CHAVES, N. P. Desafios de adequação à questão ambiental em frigoríficos na cidade de São Luís, Maranhão: diagnóstico de situação. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 81, n. 4, p. 315-321, 2014.
- SCHOENHALS, M. **Avaliação da eficiência do processo de flotação aplicado ao tratamento primário de efluentes de abatedouro avícola**. 2006, 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- SILVA, M. E. R. da; AQUINO, M. D. de.; SANTOS, A. B. de. Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 178-190, dez. 2007.
- STRÖHER, A. P.; COUTO JUNIOR, O. M.; MENEZES, M. L. de; BERGAMASCO, R.; PEREIRA, N. C. Aplicação de *moringa oleifera* Lam no tratamento de efluente proveniente da lavagem de jeans. **e-xacta**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 61-66, 2012.
- VALLE, C. E. do. **Como se preparar para as normas ISO 14000: qualidade ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente**. 2 ed. atual. São Paulo: Pioneira, 1996. 137 p.
- VAZ, L. G. de L.; KLEN, M. R. F.; VEIT, M. T.; SILVA, E. A. da; BARBIERO, T. A.; BERGAMASCO, R. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Eclética Química**, São Paulo, v. 35, n. 4, p 45-54, 2010.

● CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

AVALIAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DA PRODUÇÃO DE ENZIMAS POR BACTÉRIAS ISOLADAS E CULTIVADAS EM RESÍDUO DO PROCESSAMENTO DE MANDIOCA

Andressa Porto Cordeiro Oliveira¹, Juliana Gomes Barreto Souza²,
Lucas Santos Solidade², Fábíá Giovana do Val de Assis³, Patrícia Lopes Leal^{*4}

RESUMO: A manipueira é gerada a partir do processamento da mandioca e quando disposta no meio ambiente, sem tratamento prévio, pode causar um grande impacto ambiental. O objetivo deste trabalho foi isolar e selecionar bactérias presentes na manipueira com potencial para produzir enzimas amilolíticas, pectinolíticas e xilanolíticas, sob cultivo submerso utilizando a própria manipueira como fonte de carbono. O isolamento foi realizado por diluição seriada seguida de plaqueamento em superfície em meio Agar Nutriente. Isolados em culturas puras foram avaliados, via testes qualitativos, a fim de determinar a capacidade da produção de enzimas a partir de substratos específicos. Isolados bacterianos selecionados foram cultivados em manipueira fresca, a pH 5,5 sob agitação de 140 rpm, à 30 °C, durante 72 h. Ao longo do processo, foram determinadas a produção de enzimas e densidade celular das bactérias. A produção de amilase foi predominante entre as bactérias (n = 18), seguida da produção de pectinase (n = 6) e por fim, xilanase (n = 2). A máxima atividade enzimática registrada neste estudo foi para o isolado B17A (2,53 UI mL⁻¹ de pectinase, em 24 h de fermentação), seguida dos isolados B26A (2,49 UI mL⁻¹ de amilase, em 72 h) e B18G (2,38 UI mL⁻¹ de xilanase, em 48 h). A densidade celular dos isolados bacterianos, ao longo do processo fermentativo, indicou que nenhuma suplementação de nutrientes ao meio de cultivo microbiano em manipueira se fez necessária.

Palavras-chave: Amilase. Bioprocessos. Manipueira. Pectinase. Xilanase.

QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ASSAYS OF THE ENZYMES PRODUCTION BY BACTERIA ISOLATED AND CULTIVATED IN CASSAVA LIQUID WASTE

ABSTRACT: Manipueira is liquid waste from cassava processing that, when untreated and disposed in the environment, can cause an important environmental impact. The objective of this study was to isolate and select bacteria in manipueira with the potential to produce amylases, pectinolytic and xylan enzymes under submerged fermentation using own cassava as a source of carbon. The isolation was performed by serial dilution followed by plating on surface in an Agar Nutrient solution. Isolated in pure cultures were assessed via qualitative tests in order to determine the ability of producing enzymes from specific substrates. Selected bacterial isolated were grown in fresh manipueira, with a pH 5.5 under agitation of 140 rpm, at 30 °C, for 72 hours. Throughout the process, the production of enzymes and cell density of the bacteria were determined. The amylase production was predominant (n = 18) between bacteria, followed by pectinase production (n = 6) and finally, xylanase (n = 2). The maximum enzyme activity recorded in this study was to the isolated B17A (2, 53 UI mL⁻¹ of pectinase, 24 h of fermentation), followed by isolated B26A (2, 49 UI mL⁻¹ of amylase in 72 h) and B18G (2, 38 UI mL⁻¹ of xylanase in 48 h). The bacteria isolated cell density, throughout the fermentation process, indicated no supplementation of nutrients through the microbial cultivation in manipueira was necessary.

Keywords: Amylase. Bioprocesses. Cassava liquid waste. Pectinase. Xylanase

* Autor correspondente: lealpat@yahoo.com.br

1 Bacharel em Biotecnologia. Universidade Federal da Bahia, Instituto Multidisciplinar em Saúde, *Campus Anísio Teixeira* (UFBA- IMS). Vitória da Conquista, BA, Brasil. dessacordeiroget@gmail.com

2 Graduandos em Biotecnologia. Universidade Federal da Bahia, Instituto Multidisciplinar em Saúde, *Campus Anísio Teixeira* (UFBA- IMS). Vitória da Conquista, BA, Brasil. anailuj.gbs@gmail.com, lucas.solidade@outlook.com

3 Doutora em Microbiologia Agrícola. Ecosoluções - Centro Tecnológico de Desenvolvimento Regional de Viçosa (CENTEV/UFV). Viçosa, MG, Brasil. fabi_zoo@yahoo.com.br

4 Doutora em Microbiologia Agrícola. Universidade Federal da Bahia, Instituto Multidisciplinar em Saúde, *Campus Anísio Teixeira* (UFBA- IMS). Vitória da Conquista, BA, Brasil. lealpat@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O beneficiamento da mandioca (*Manihot esculenta*) para produção de farinha gera uma grande quantidade de resíduos sólidos (cascas, cepas, crueiras e farelo) e líquidos (água de lavagem das raízes, instrumentos e máquinas utilizadas no processo e manipueira) (ARAÚJO et al., 2012). A manipueira é a água residuária da produção de farinha de mandioca com elevada carga poluente e tóxica, podendo contaminar cursos d'água e os solos se não for corretamente tratada e descartada (MELO et al., 2015). A toxicidade da manipueira está relacionada à elevada concentração de ácido cianídrico (HCN), o qual é liberado pela hidrólise de glicosídeos cianogênicos presente nos tecidos da planta de mandioca.

Estudos têm sido conduzidos com o objetivo de selecionar linhagens microbianas capazes de metabolizar o cianeto presente em manipueira ao utilizarem o resíduo como fonte de carbono (PANTAROTO, 2001; VASCONCELOS et al., 2009). Neste sentido, a utilização de manipueira como substrato em processos fermentativos poderia também representar uma perspectiva interessante para rotas tecnológicas alternativas de produção de enzimas por micro-organismos, proporcionando diminuição do custo de produção dessas biomoléculas, além de agregar valor ao material que, naturalmente, seria descartado e, ocasionalmente, acarretaria em danos ao meio ambiente (TEIXEIRA et al., 2017).

A substituição de substratos sintéticos por matéria orgânica proveniente de resíduos agroindustriais em processos fermentativos para produção de enzimas vem sendo relatada na literatura: Vijayabaskar, Jayalakshmi, Shankar, (2012) verificaram a capacidade do *Bacillus cereus* em produzir amilase por fermentação em estado sólido usando o bagaço da cana de açúcar. Nagar et al. (2012) confirmaram a capacidade do *Bacillus pumilis* SV-205 em produzir xilanase sob fermentação semi-sólida, usando farelo de trigo suplementado com extrato de levedura e peptona. Tepe e Dursun (2014) também confirmaram a capacidade do *Bacillus pumilis* para produção de pectinase usando como meio de cultivo farelo de trigo e polpa de beterraba sob fermentação.

A utilização da manipueira como substrato em processos fermentativos tem sido voltada para a obtenção de diversos produtos como etanol (SUMAN et al., 2011), ácido cítrico (PASTORE et al., 2011), biomassa e proteína microbiana (LUPATINI et al., 2013); ácidos graxos voláteis (ZEMPULSKI et al., 2014); biossurfactante (BARROS, PASTORE, 2008; BEZERRA et al., 2012) e biogás (KUCZMAN et al., 2011). Todavia, são escassos na literatura relatos sobre a utilização de manipueira como substrato em processos fermentativos para produção de enzimas (TEIXEIRA et al., 2017). Amilase, pectinase e xilanase são exemplos de enzimas microbianas hidrolíticas utilizadas em diversas aplicações, como nas indústrias alimentícias, têxteis, de papel, celulose e detergentes, que podem ser obtidas na sacarificação de resíduos agrícolas (EL-SHISHTAWY et al., 2014; SAHA et al. 2014). Neste sentido, o objetivo deste estudo foi isolar e selecionar bactérias

presentes em manipueira com potencial para produzir enzimas amilolíticas, pectinolíticas e xilanolíticas sob cultivo submerso utilizando a própria manipueira como fonte de carbono.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e caracterização físico-química da manipueira

Amostras de manipueira fresca, provenientes da primeira prensagem da mandioca, foram coletadas em oito casas de produção de farinha, localizadas no município de Vitória da Conquista/BA (14°51'58"S; 40°50'22"W). As amostras foram homogêneas e utilizadas como substrato para fermentação sendo, previamente, caracterizada quanto ao pH e teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, ferro, zinco, sódio, alumínio, nitrogênio (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1999; INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008) e cianeto livre (NEVES et al., 2014), conforme apresentado na Tabela 1. Todas as análises foram feitas em triplicata.

Tabela 1. Caracterização química da amostra composta de manipueira obtidas em casas de farinha, na microrregião de Vitória da Conquista – BA.

pH	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Na	Al	N	CN
	mg L ⁻¹											
4,7	198	302,7	9,3	30,2	22,7	1,2	3,6	3,5	44,2	81,6	370	186,8

Isolamento e obtenção de culturas puras de bactérias em amostra de manipueira

A amostra de manipueira foi utilizada para o isolamento das bactérias a partir de diluições seriadas, aplicando-se o método de plaqueamento em superfície utilizando meio de cultura específico para bactérias (Ágar Nutriente (AN) contendo Nistatina 1 %) e incubado a 30 °C por 24 h. Os isolados bacterianos em culturas puras foram transferidos para placas contendo meio AN e incubados a 30 °C por 24 h. Após a incubação, os isolados foram analisados em microscópio ótico e, de acordo com as características morfológicas, foram separados para cultivo e obtenção de culturas puras. Os isolados bacterianos em cultura pura foram preservados em tubos contendo solução de glicerol a 10 %, e mantidos a -20 °C.

Seleção de isolados bacterianos produtores de enzimas amilase, pectinase e xilanase

Testes qualitativos para determinação do potencial enzimático dos isolados foram conduzidos em placas de Petri, em triplicata, contendo meio mínimo mineral (3 g L⁻¹ de (NH₄)₂SO₄, 2 g L⁻¹ de KH₂PO₄, 2 g L⁻¹ de K₂HPO₄, 0,5 g L⁻¹ de MgSO₄.7H₂O, 15 g L⁻¹ de ágar) acrescido de 1 % (p/v) de amido solúvel, pectina cítrica ou xilana, como única fonte de carbono, conforme descrito por Pereira (2012). Os isolados que apresentaram crescimento em placa, formando halo

translúcido ao redor das colônias, foram selecionados e, posteriormente, empregados separadamente em processos de cultivo submerso contendo a manipueira como substrato para produção de enzimas Pereira (2012).

Avaliação do potencial hidrolítico e crescimento de bactérias cultivadas em meio contendo manipueira

Cultura estoque dos isolados bacterianos pré-selecionados foram, individualmente, reativadas em meio caldo nutriente por 18 h, a 30 °C. Após repetidas lavagens com solução salina 0,85 %, as linhagens foram, separadamente, inoculadas (2×10^6 UFC g⁻¹) em 100 mL de manipueira autoclavada, com pH ajustado para 5,5. O cultivo submerso foi conduzido para cada um dos isolados bacterianos selecionados, com três repetições, utilizando Erlenmeyers de 250 mL que foram mantidos em estufa com agitação orbital, a 140 rpm e à 30 °C, por 72 h.

A cada 24 h, alíquotas de 1 mL e 5 mL dos meios foram retiradas para avaliar, respectivamente, o crescimento bacteriano e a atividade amilolítica, pectinolítica e xilanolítica. O crescimento celular foi determinado em função da densidade óptica a 600 nm, utilizando-se espectrofotômetro UV-VIS 190 a 1100nm. Para determinação da atividade enzimática, as alíquotas coletadas foram centrifugadas a 4500 rpm por 15 min, e o sobrenadante livre de células foi utilizado para dosagem da atividade de amilase, pectinase e xilanase.

A avaliação da atividade de amilase, pectinase e xilanase foi determinada conforme método de Miller (1959) utilizando-se 0,05 mL da solução do extrato bruto da enzima, 0,1 mL do substrato enzimático (1 %; m/v) de amido solúvel para amilase, pectina cítrica para pectinase e xilana para xilanase e 0,2 mL de tampão acetato (0,1 MolL⁻¹, pH 5,5), a 50 °C, por 10 min. A reação foi paralisada pela adição de 0,2 mL de ácido 3,5-dinitrossalicílico (DNS) à mistura que foi submetida à fervura (100°C) por 5 min e resfriada em banho de gelo por 5 min. Posteriormente, adicionou-se 5,0 mL de água destilada e a leitura foi feita por espectrofotometria utilizando comprimento de onda de 540 nm.

Os ensaios de atividade de todas as enzimas foram conduzidos em triplicata, havendo ainda o preparo de uma reação controle que consistiu do mesmo tratamento peculiar a cada enzima, porém substituindo o extrato bruto enzimático por água destilada. A unidade das atividades enzimáticas (UI mL⁻¹) foi definida como a quantidade de enzima capaz de liberar 1 μmol de produto (açúcares redutores) por minuto por mililitro de amostra (polissacarídeos), nas condições de reação, utilizando como curva padrão glicose, ácido galacturônico e xilana para amilase, pectinase e xilanase, respectivamente (MILLER, 1959).

As médias de atividades enzimáticas obtidas de cada tratamento (isolado bacteriano), ao final de 72 h de cultivo em manipueira, foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias foram determinadas pelo teste de Scott-Knott.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O total de 98 isolados bacterianos foi obtido das amostras de manipueira e 43 deles foram selecionados a partir dos testes qualitativos em placa de Petri, por produzirem, pelo menos uma das enzimas, sendo 95,3 % das bactérias hábeis em produzir amilase, 79,0 % em produzir xilanase, 39,5 % em produzir pectinase e 6,5 % em produzir as três enzimas (Tabela 2).

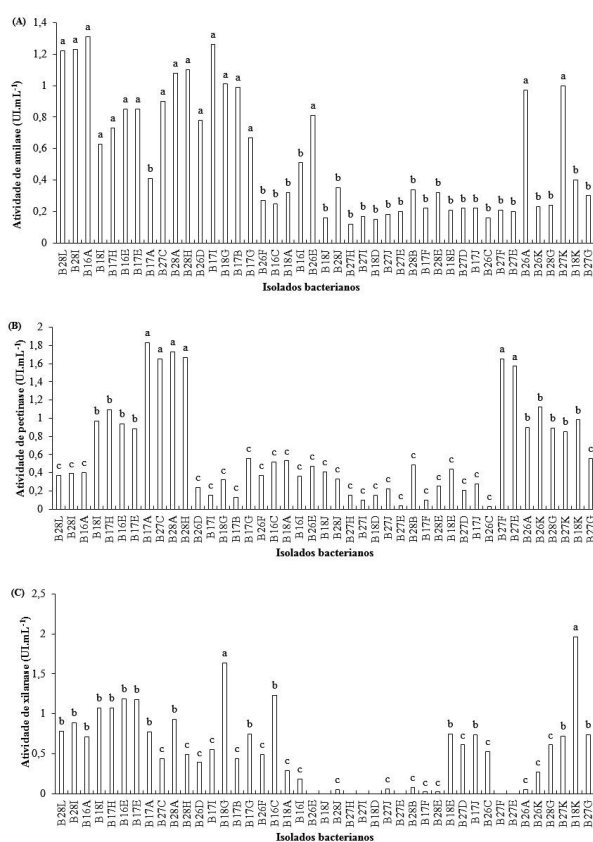
Tabela 2. Triagem qualitativa de bactérias produtoras de amilase, xilanase e pectinase.

Linhagens	Amilase	Xilanase	Pectinase
B28L	+	+	+
B28I	+	+	+
B16A	+	+	+
B18I	+	+	+
B17H	+	+	+
B16E	+	+	+
B17E	+	+	+
B17A	+	+	+
B27C	+	+	+
B28A	+	+	+
B28H	+	+	+
B26D	+	+	+
B17I	+	+	+
B18G	+	+	+
B17B	+	+	+
B17G	+	-	-
B26F	+	+	-
B16C	+	-	-
B18A	+	+	-
B16I	+	-	-
B26E	+	+	-
B18J	+	+	-
B28J	+	+	-
B27H	+	+	-
B27I	+	+	-
B18D	+	+	-
B27J	+	+	-
B27E	+	-	+
B28B	+	+	-
B17F	+	-	-
B28E	+	-	-
B18E	+	+	-
B27D	+	+	-
B17J	+	+	-
B26C	+	-	+
B27F	+	+	-
B27E	+	-	-
B26A	+	+	-
B26K	+	+	-
B28G	+	-	-
B27K	-	+	-
B18K	-	+	-
B27G	+	+	-

* (+) indica produção da enzima e (-) indica a não produção.

Isolados bacterianos selecionados nos testes qualitativos foram cultivados em meio contendo manipueira como única fonte de carbono e os resultados desses ensaios indicaram que, entre os 43 isolados, as maiores atividades de amilase, pectinase e xilanase ($p > 0,05$), ao final de 72 h de cultivo, variaram, respectivamente de 0,63 a 1,31 UI mL⁻¹, entre 18 isolados (Figura 1A); de 1,57 a 1,83 UI mL⁻¹, entre 6 isolados (Figura 1B) e de 1,64 a 1,96 UI mL⁻¹, entre 2 isolados (Figura 1C).

Figura 1. Amilase (A) Pectinase (B) xilanase (C). Avaliação dos isolados bacterianos produtores de enzimas ao final de 72 h de cultivo em manipueira. Barras segundas de letras diferentes diferem entre si, pelo teste de Scott-knott, ($p < 0,05$). * Ensaio realizado com três repetições para cada isolado sob cultivo submerso em manipueira como única fonte de carbono. Valores médios apresentados para atividades enzimáticas, sendo os desvios-padrão inferiores a 15 %.



Os isolados com desempenho significativamente melhor para produção de amilase, pectinase e xilanase sob cultivo submerso em manipueira foram avaliados quanto à cinética da atividade enzimática (Figuras 2 a 4). Para amilase, a atividade enzimática máxima foi registrada, para a maioria dos isolados, nas primeiras 24 h de fermentação, alcançando em média 1,1 UI mL⁻¹ (Figura 2). Exceções para essa tendência foram verificadas para os isolados B17G e B18G, cujas atividades amilolíticas máximas (1,37 UI mL⁻¹; 1,35 UI mL⁻¹, respectivamente) ocorreram em 48 h de fermentação e para o isolado B26A que apresentou maior atividade de amilase (2,49 UI mL⁻¹) ao final do processo (72 h). Resultados similares foram registrados por Unakal,

Kallur, Kaliwal, (2012) que detectaram atividade amilolítica de 3,60 UI mL⁻¹ por *Bacillus subtilis* após 12 h de fermentação em casca de banana.

Carvalho et al. (2008) basearam-se em dados da literatura para apontarem duas tendências, de modo geral, para síntese de amilase por bactérias do gênero *Bacillus*, dependendo das condições do experimento e do microrganismo utilizado: 1) A síntese da enzima acompanha o crescimento microbiano e diminui a velocidade de síntese à medida que a cultura entra na fase estacionária. 2) A formação da enzima é lenta durante a fase logarítmica de crescimento, seguida de um aumento da velocidade de síntese na medida em que a velocidade de crescimento diminui e atinge a fase estacionária. No presente estudo, com exceção para o isolado B26A, a primeira tendência foi predominante entre os isolados bacterianos, para os quais foi verificada produção de amilase acompanhando o crescimento exponencial dos microrganismos (Figura 5).

Para pectinase, a atividade enzimática máxima foi registrada, para a maioria dos isolados, nas primeiras 24 h de fermentação, alcançando atividade média igual a 1,81 UI mL⁻¹ e indicando uma rápida assimilação dos nutrientes contidos na manipueira pelos isolados bacterianos (Figura 3). O isolado B17A se destacou pela maior atividade pectinolítica registrada (2,61 UI mL⁻¹) nas primeiras horas de cultivo em manipueira, superando valores encontrados para *Aspergillus awamori* (0,05 μmol/mL/min), após 7 dias de fermentação em farinha de trigo integral (BLANDINO et al., 2001) e para *Lentinus edodes* (1,5 a 2,2 μmol/mL/min), após 40 dias de fermentação em resíduos de processamento de frutas (ZHENG e SHETTY, 2000).

O decaimento da atividade pectinolítica, para muitos isolados bacterianos, foi observado às 48 h de fermentação, seguido pelo aumento dessas atividades ao final do processo (72 h). Exceção em relação a esse comportamento foi verificada para o isolado B27E, cuja atividade pectinolítica máxima (2,31 UI mL⁻¹) ocorreu em 48 h de fermentação. Attri e Garg (2014) também encontraram atividade máxima de pectinase (2,11 UI mL⁻¹) em 48 h de fermentação por estirpes bacterianas isoladas de solos contendo resíduos de frutas e vegetais em decomposição quando cultivadas em casca de laranja como substrato.

Atividade enzimática máxima de xilanase foi registrada para os isolados B18K (2,18 UI mL⁻¹) e B18G (2,38 UI mL⁻¹) em 48 h de fermentação. Esses resultados são condizentes aos reportados por Rahmani et al. (2014) após 24 h do cultivo de *Bacillus safensis* P20 em resíduos agroindustriais como fonte de carbono: 2,82; 1,8 e 1,7 UI mL⁻¹ utilizando como substrato bagaço da cana, espiga de milho e palha de trigo, respectivamente; e por Sugumanan et al. (2013) que verificaram atividades de xilanase iguais a 1,3; 1,5 e 3,0 UI mL⁻¹ a partir do cultivo de *B. subtilis* em farelo de trigo, farinha de trigo e bagaço de mandioca, respectivamente.

Figura 2. Atividade da amilase em função do tempo de cultivo submerso em manipueira para potenciais isolados bacterianos. As linhas pontilhadas representam a tendência da relação produção da amilase pelo tempo de cultivo.

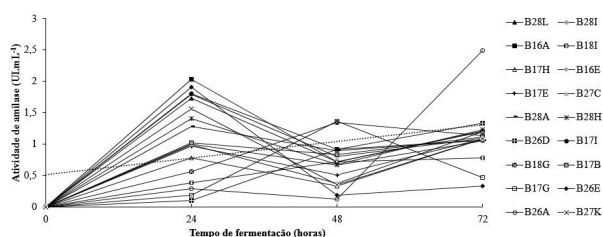
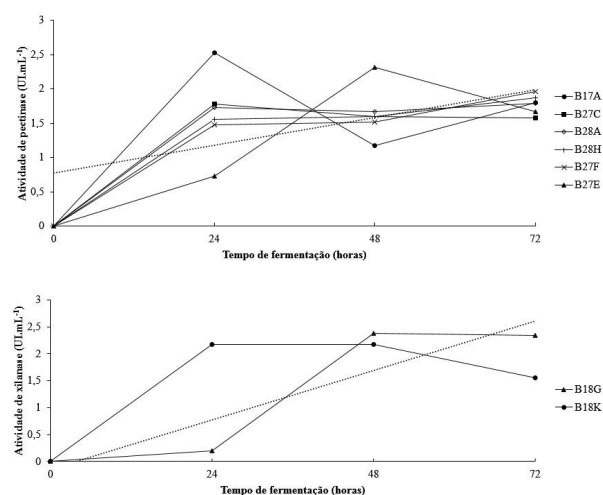


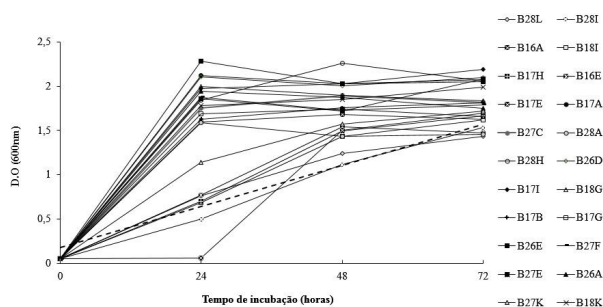
Figura 3. Atividade da pectinase em função do tempo de cultivo submerso em manipueira para potenciais isolados bacterianos. As linhas pontilhadas representam a tendência da relação produção da pectinase pelo tempo de cultivo.



A cinética de crescimento dos isolados bacterianos potenciais produtores de amilase, pectinase e xilanase em cultivo submerso em manipueira foi avaliada e os resultados corroboraram com os obtidos para a cinética enzimática (Figura 5). Todos os isolados, com exceção de B17E, não requereram fase *lag* extensiva, indicando que os isolados bacterianos se apresentaram naturalmente adaptados à constituição química da manipueira, incluindo o cianeto, e, portanto, capazes de utilizar, prontamente, o resíduo como fonte de carbono por atividade enzimática. Às 48 h de incubação, foi possível observar uma leve queda do crescimento celular para a maioria dos isolados bacterianos, que em seguida, iniciaram a fase estacionária. Exceções foram registradas para os isolados B28I, B17H, B18I, B28L, B16E, B16A B17E, B27C, B28H, B17I, B17B, B17G, B27K, e B18K que ainda se encontravam em fase exponencial de crescimento, às 48 h de incubação. Após 72 h do início do processo, o crescimento celular dos isolados, em geral, se manteve estacionado. Resultado similar foi verificado por Pantaroto (2001) em relação à linhagem de *Bacillus* sp. B6 que apresentou crescimento exponencial nas primeiras 24 h de cultivo em manipueira, seguida por fase estacionária e tendência ao declínio após 5 e 6 dias de incubação.

Apesar da manipueira ser fonte de carbono interessante para utilização como substrato em processos fermentativos para produção de enzimas, a suplementação nutricional desse resíduo para tais fins, parece ser recomendável para estender a fase exponencial de crescimento microbiano e promover uma produção de enzimas compatível à obtida com meios sintéticos. Isso foi verificado por Sugumaran et al. (2013) que obtiveram aumento da produção de pectinase por *B. subtilis* quando enriqueceu o meio de cultivo contendo bagaço de mandioca com diferentes fontes de nitrogênio (triptona, extrato de carne e extrato de levedura). De toda forma, isolados bacterianos promissores para produção de amilase, pectinase e xilanase sob cultivo em manipueira foram revelados pelo presente estudo, contribuindo para que novas abordagens tecnológicas, incluindo a otimização de processos fermentativos, sejam exploradas a fim de ampliar as vantagens do uso desse resíduo como fonte de carbono renovável e economicamente viável.

Figura 5. Cinética do crescimento dos potenciais isolados bacterianos produtores das enzimas em meio contendo apenas manipueira. As linhas pontilhadas representam a tendência da relação entre crescimento e tempo de incubação.



CONCLUSÕES

O resíduo gerado do processamento da mandioca para produção de farinha manipueira foi uma fonte de bactérias com capacidade metabólica para utilizar o próprio resíduo como única fonte de carbono, permitindo a produção de enzimas. Pelo menos 60,46 % dos isolados bacterianos obtidos de amostras de manipueira foram capazes de produzir amilase, pectinase e xilanase. Destaques para os isolados B26 como melhor produtor de amilase ($2,49 \text{ UI mL}^{-1}$), ao final de 72 h de cultivo; B17A como melhor produtor de pectinase ($2,53 \text{ UI mL}^{-1}$), às 24 h de cultivo; B18G como melhor produtor de xilanase ($2,38 \text{ UI mL}^{-1}$), às 48 h de cultivo. A densidade celular dos isolados bacterianos, ao longo do processo fermentativo, indicou a não necessidade de suplementação de nutrientes ao meio de cultivo microbiano em manipueira.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), à Secretaria do Meio Ambiente do Estado da Bahia (SEMA) e à Universidade Federal da Bahia (UFBA) pelo financiamento de estudos e projetos.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO de, N.C. et. al. Problemática dos resíduos líquidos das agroindústrias processadoras de raízes de mandioca no Estado da Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 2, p. 258-262, 2012. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1281/1261>> Acesso em: 11 de Maio de 2017.
- ATTRI, S.; GARG, G. Isolation of microorganisms simultaneously producing xylanase, pectinase and cellulase enzymes using cost effective substrates. **Journal of Innovative Biology**, v. 1, n. 1, p. 045-050, 2014. Disponível em: <<http://citeserx.ist.psu.edu/viewdoc/download?> Acesso em: 07 de Julho de 2017.
- BARROS, Francisco Fábio Cavalcante et al. Propriedades emulsificantes e estabilidade do biossurfactante produzido por *Bacillus subtilis* em manipueira. **Food Science and Technology** (Campinas), 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000400034>. Acesso em: 13 de Junho de 2017.
- BEZERRA, M.S. et. al. Produção de biotensioativo utilizando *Pseudomonas aeruginosa* (p.a.) e resíduo agroindustrial (manipueira) como substrato. **Holos**, n. 28, v. 1, 2012. Disponível em: DOI: <<https://doi.org/10.15628/holos.2012.838>>. Acesso em: 13 de Junho de 2017.
- BLANDINO, A. et. al. Utilisation of whole wheat flour for the production of extracellular pectinases by some fungal strains. **Process Biochemistry**, v. 37, n. 5, p. 497-503, 2001. Disponível em: DOI: <[https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(01\)00241-2](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(01)00241-2)>. Acesso em: 03 de Julho de 2017.
- CARVALHO, R.V. et. al. Otimização das condições de cultivo para a produção de amilases pelo termofílico *Bacillus sp.* e hidrólise de amidos pela ação da enzima. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n.2, p.380-386, 2008. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000200017>. Acesso em: 01 de Julho de 2017.
- EL-SHISHTAWY, R.M. et. al. Solid fermentation of wheat bran for hydrolytic enzymes production and saccharification content by a local isolate *Bacillus megatherium*. **BMC Biotechnology**, v. 24, p.14, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/1472-6750-14-29>>. Acesso em: 28 de Junho de 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. Disponível em: <http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00083136.pdf>. Acesso em: 20 de Agosto de 2017.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ . **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 85, 104-105, 741-746. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_sitory&Itemid=7&func=select&orderby=1&Itemid=7>. Acesso em: 20 de Agosto de 2017.
- KUCZMAN, O. et. al. Produção específica de biogás a partir de manipueira em reator de fase única. **Engenharia Agrícola**, v. 31, p. 143-149, 2011. Disponível em: DOI: <<https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000100014>>. Acesso em: 21 de Junho de 2017.
- LUPATINI, K.N. et. al. Proteína microbiana em biomassa residual de reatores anaeróbios para produção de hidrogênio a partir de resíduo líquido de fecularia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, p. 52-66, 2013. Disponível em: DOI: <<http://dx.doi.org/10.5380/rber.v2i2.33808>>. Acesso em: 05 de Junho de 2017.
- MELO, J. et. al. Otimização operacional em planta piloto para a produção de biodiesel usando álcool proveniente de manipueira. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 8293-8300, 2015. Disponível em: DOI: <<https://doi.org/10.5151/chemeng-cobeq2014-1163-20711-156353>>. Acesso em: 11 de Maio de 2017.
- MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, p. 426-428, 1959. Disponível em: DOI: <<https://doi.org/10.1021/ac60147a030>>. Acesso em: 19 de Abril de 2017.
- NAGAR, S. et. al. Production of alkali tolerant cellulase free xylanase in high levels by *Bacillus pumilus* SV-205. **International journal of biological macromolecules**, v. 50, n. 2, p. 414-420, 2012. Disponível em: DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2011.12.026>>. Acesso em: 16 de Maio de 2017.
- NEVES, O. S. C. et al. Persistência do cianeto e estabilização do pH em manipueira. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 8, n. 1, 2014. Disponível em: DOI: <<https://doi.org/10.3895/S1981-36862014000100012>>. Acesso em: 20 de Agosto de 2017.
- PANTAROTO, S. **Isolamento, seleção, identificação e avaliação de microrganismos aeróbios in situ, com habilidade à biodegradação de linamarina**. 2001. 128f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/90544>>. Acesso em: 11 de Maio de 2017.

- PASTORE, N.S.; HASAN, S.M.; ZEMPULSKI, D.A. Produção de ácido cítrico por *Aspergillus niger*: avaliação de diferentes fontes de nitrogênio e de concentração de sacarose. **Engevista**, v. 13, n. 3. p. 149-159, 2011. Disponível em: DOI: <<https://doi.org/10.22409/engevista.v13i3.306>>. Acesso em: 05 de Junho de 2017.
- PEREIRA, V.M. **Avaliação do potencial enzimático de fungos filamentosos e otimização da produção de celulases por *Aspergillus sulphureus* (Fresen.) Wehmer**. 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. Acesso em: 17 de Abril de 2017.
- RAHMANI, N. et al. Optimization of production xylanase from marine bacterium *Bacillus safensis* P20 on sugarcane baggase by submerged fermentation. **International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology**, v. 4, n. 6, p. 419-422, 2014. Disponível em: DOI: <<https://doi.org/10.18517/ijaseit.4.6.458>>. Acesso em: 15 de Julho de 2017.
- SAHA, K. et. al. Optimization of amylase production from *B. amyloliquefaciens* (MTCC 1270) using solid-state fermentation. **International journal of microbiology**, v. 2014, p.7 2014. Disponível em: DOI: <<https://doi.org/10.1155/2014/764046>>. Acesso em: 28 de Junho de 2017.
- SUGUMARAN, K.R. et. al. Cassava bagasse-low cost substrate for thermo-tolerant xylanase production using *Bacillus subtilis*. **International Journal of Chem Tech Research**, v. 5, p. 394-400, 2013. Disponível em: <[http://sphinxsai.com/2013/janmar/chempdf/CT=56\(394-400\)JM13.pdf](http://sphinxsai.com/2013/janmar/chempdf/CT=56(394-400)JM13.pdf)>. Acesso em: 15 de Julho de 2017.
- SUMAN, P. A. et. al. Efeitos de parâmetros de fermentação na produção de etanol a partir de resíduo líquido da industrialização da mandioca (manipueira). **Acta Scientiarum**, v. 33, n. 4, p. 379-384, 2011. Disponível em: DOI: <<http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i4.9279>>. Acesso em: 05 de Junho de 2017.
- TEIXEIRA, I. A. L. et al. Isolamento e seleção de bactérias produtoras de amilase e pectinase sob fermentação submersa. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 11, n. 1, p. 2227-2244, 2017. Disponível em: DOI: <<https://doi.org/10.3895/rbta.v11n1.2847>>. Acesso em: 21 de Junho de 2017.
- TEPE, O.; DURSUN, A.Y. Exo-pectinase production by *Bacillus pumilus* using different agricultural wastes and optimizing of medium components using response surface methodology. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 21, n. 16, p. 9911-9920, 2014. Disponível em: DOI: <<https://doi.org/10.1007/s11356-014-2833-8>>. Acesso em: 16 de Maio de 2017.
- UNAKAL, C.; KALLUR, R.I.; KALIWAL, B.B. Production of α -amylase using banana waste by *Bacillus subtilis* under solid state fermentation. **European Journal of experimental Biology**, v. 2, p. 1044-1052, 2012. Disponível em: <<http://www.imedpub.com/articles/production-of-amylase-using-banana-waste-by-bacillus-subtilis-under-solidstate-fermentation.pdf>>. Acesso em: 29 de Junho de 2017.
- VASCONCELLOS, S.P. et. al. Invitro degradation of linamarin by microorganisms isolated from cassava wastewater treatment lagoons. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 40, n. 4, p. 879-883, 2009. Disponível em: DOI: <<https://doi.org/10.1590/S1517-83822009000400019>>. Acesso em: 11 de Maio de 2017.
- VIJAYABASKAR, P.; JAYALAKSHMI, D.; SHANKAR, T. Amylase production by moderately halophilic *Bacillus cereus* in solid state fermentation. **African Journal of Microbiology Research**, v. 6, n. 23, p. 4918-4926, 2012. Disponível em: DOI: <<https://doi.org/10.5897/AJMR11.1310>>. Acesso em: 16 de Maio de 2017.
- ZEMPULSKI, D.A. **Produção de ácidos graxos voláteis por fermentação anaeróbia de manipueira e de permeado de soro de queijo**. 2013. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2013. Disponível em: <<http://tede.unioeste.br/handle/tede/1913#preview-link0>>. Acesso em: 05 de Junho de 2017.
- ZHENG, Z.; SHETTY, K. Solid state production of polygalacturonase by *Lentinus edodes* using fruit processing wastes. **Process Biochemistry**, v. 35, n. 8, p. 825-830, 2000. Disponível em: DOI: <[https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(99\)00143-0](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(99)00143-0)>. Acesso em: 03 de Julho de 2017.

● CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ESTERIFICATION OF OLEIC ACID AND ETHYL ALCOHOL FOR SYNTHESIS OF ETHYL OLEATE CATALYZED BY LIPASE IMMOBILIZED IN POLYURETHANE

Nádia Ligianara Dewes Nyari^{*1}, Alessandro Rogerio Paulazzi², Raquel Vera Zamadei²,
Jamilé Zeni¹, Rogério Marcos Dallago³

ABSTRACT: Esters are one of the most important classes of organic compounds that are synthesized by various mechanisms, including the reaction between an alcohol and carboxylic acid, with the elimination of water, called esterification. Accordingly, the purpose of this study was to evaluate the production of ethyl oleate by esterification of oleic acid with ethanol in the presence of lipase from *Candida antarctica* B free and immobilized in polyurethane subjected to a mechanical and ultrasonic system and organic solvent free. The experiments for the synthesis of ethyl oleate were conducted by varying the temperature (°C) and mass catalyst (g). The maximization of esterification results is obtained for the free enzyme after 25 minutes (688.24 U g⁻¹). For polyurethane immobilized enzyme after 40 minutes of mechanical stirring reaction system was reached 1553.83 U g⁻¹ and 19 cycles of reuse. Considering the ultrasonic agitation system after 15 minutes of reaction was reached 3087.60 U g⁻¹ and 14 cycles of reuse. From the obtained results, we can consider that the established process was efficient, mainly in relation to the significant reduction of the reaction time, with low instrumental requirements employed and the improvement of the general performance of the bioprocess, through the results obtained in terms of esterification. In addition, the established process can be considered an environmentally friendly and economically viable technology, and can be used in cosmetics, pharmaceuticals, biodiesel and food industry.

Palavras-chave: *Candida antarctica*. Lipase B. Ester synthesis. Isoamyl acetate. Biocatalysis.

ESTERIFICAÇÃO DE ÁCIDO OLEICO E ÁLCOOL ETÍLICO PARA SÍNTESE DE OLEATO DE ETILA CATALIZADA POR LIPASE IMOBILIZADA EM POLIURETANO

RESUMO: Os ésteres são uma das mais importantes classes de compostos orgânicos que são sintetizados por vários mecanismos, incluindo a reação entre um álcool e ácido carboxílico, com a eliminação de água, denominada esterificação. Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi avaliar a produção de oleato de etila via esterificação do ácido oleico com álcool etílico na presença da enzima lipase B de *Candida antarctica* livre e imobilizada em poliuretano submetido a um sistema de agitação mecânica e ultrassônico e livre de solvente orgânico. Os experimentos para a síntese de oleato de etila foram realizados variando a temperatura (°C) de massa de catalisador (g). A maximização dos resultados de esterificação é obtida para a enzima livre após 25 minutos com 688.24 U g⁻¹. Para a enzima imobilizada em poliuretano após 40 minutos de reação em sistema de agitação mecânico foi de 1553.83 U g⁻¹ e 19 ciclos de reutilização. Para o sistema de agitação ultrassônico de 3087,60 U g⁻¹ com 14 ciclos de reutilização após 15 minutos de reação. A partir dos resultados obtidos podemos considerar que o processo estabelecido foi eficiente, principalmente em relação a redução significativa do tempo de reação, com baixos requisitos instrumentais empregados e a melhoria do desempenho geral do bioprocess, através dos resultados obtidos em termos de esterificação. Além disso, o processo estabelecido pode ser considerado uma tecnologia ambientalmente correta e economicamente viável, e pode ser usada em produtos cosméticos, farmacêuticos, biodiesel e indústria de alimentos.

Keywords: *Candida antarctica* lipase B, síntese de ésteres, acetato de isoamila, biocatalise.

* Autor correspondente - nadialigianara@hotmail.com

1 Doutor em Engenharia de Alimentos. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões - URI - Erechim-RS, Brasil. nadialigianara@hotmail.com, jamilezeni@uricer.edu.br

2 Graduação em Química Industrial. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI. Erechim-RS. Brasil. alessandro.paulazzii@hotmail.com, raquel-zamadei@hotmail.com

3 Doutor em Química. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI - Erechim-RS. Brasil. dallago@uricer.edu.br

INTRODUCTION

Ethyl oleate is useful as biological additive, PVC plasticiser, water resisting agent and for hydraulic fluid. The enzymatic technology presents significant relevance since represents promising tools for compounds synthesis of high commercial value. Besides, enzymes show many advantages compared to inorganic catalysts, as higher specificity, lower energy consumption and higher catalytic activity (NYARI et al., 2016; CAZABAN et al., 2017; SCHREIBER et al., 2017). Even with the benefit of this technology, replacement of chemical catalysts by enzymes is not generalized in industrial processes due to the instability, final product contamination by the catalyst solution, difficulty of eliminating the catalyst in final product and impossibility of recuperation and reutilization (ADLERCREUTZ, 2013; FERNANDEZ-LOPEZ et al., 2017; TOLEDO et al., 2017; NYARI et al., 2018; MATTIASSON, 2018).

Due to several advantages of enzyme catalysis in organic solvents, the synthesis of ethyl oleate and other esters of oleic acid have been studied by exploiting the catalytic activities of enzymes (ITSEKSON et al., 2011; DESHMUKH et al., 2013; KHAN; RATHOD, 2015; MADALAZZO et al., 2015; VESCOVI et al., 2017; CANET et al., 2017; DILL et al., 2018).

One of the cheap and commercially available nonmicrobial enzymes is *Candida antarctica* lipase B which has high thermostability, such as high selectivity and specificity, mild reaction conditions, wide pH range, activity in anhydrous reaction mixtures as demonstrated for esterification and transesterification reactions, allowing to obtain products with high purity, reduction of co-products and/or toxic waste, consequently reducing the environmental impact (TOMIN et al., 2010; DHAKE et al., 2013; HIRATA et al., 2016).

To be economically viable and an efficient process, the biocatalyst immobilization is an alternative for the use of a free enzyme, mainly for its reuse and for the possibility of performs the continuous process (GARCIA - GALAN et al., 2011; BATISTELLA et al., 2012). Besides allowing the enzyme its recovery, with displacement in pH value, adjustable porosity, low toxicity, favorable mechanical properties, temperature and stability (thermal, operational and storage), allowing the biotechnology process becomes economically viable (POOJARI et al., 2013; BABAKI et al., 2015; BABAKI et al., 2016).

Preliminary results demonstrated the potential use of polyurethane as support for *Candida antarctica* B lipase (CALB lipase) immobilization, increasing significantly the reaction yield and the enzyme thermal stability (NYARI et al., 2016).

The ultrasonic system is considered a green technology, little explored yet, is an alternative technology for the conventional mechanical agitation that provides significant reductions in the processing time and can increase conversion yields. These characteristics can be explained by the better mass transfer between

substrates and enzyme and protection to the exterior, permitting an increase of lipolytic activity, as a result of improvement on the microenvironment created by the polymeric lattice, protecting the enzyme of adverse effects of temperature and also simulating the effects of agglomeration and confinement of living cells (ZHANG et al., 2008; ABOU-OKEIL et al., 2010; MATTE et al., 2016).

Considering the peculiarities of each process, which, depending on the operating conditions used, can interfere or contribute in a positive or negative way in the biocatalytic esterification process of ethyl oleate. Accordingly, the purpose of this study was to evaluate the production of ethyl oleate by esterification of oleic acid with ethanol in the presence of lipase B from *Candida antarctica* free and immobilized in polyurethane subjected to a mechanical and ultrasonic system, varying the temperature (°C) and mass catalyst (g) and organic solvent free.

MATERIAL AND METHODS

Lipase B from *Candida antarctica* - CALB (Novozyme NZL - 102), oleic acid (Vetec, 99%), ethanol (Merck, P.A), and dichloromethane (Vetec, 95%). Toluene diisocyanate (TDI) and polyether polyol were kindly donated by Manes Industry (Santa Catarina, Brazil).

Immobilization of CALB lipase in polyurethane (PU)

CALB immobilization on PU was performed using 6 mL polyol and 4 mL isocyanate (60–40%, v/v), with 1 mL of enzymatic solution (0.8 g enzyme in 5 mL distilled water). The enzymatic solution was added in the polyol and homogenized. After, isocyanate was added at constant stirring. The in situ polymerization was conducted at 20 °C, until growing the PU foam (5 minutes), remaining stationary for 3 h and then crushed, producing a homogeneous product. 1 g of this product was washed with 5 mL of buffer solution (sodium phosphate pH 7). It was evaluated the enzyme leaching from the support by the measurement of esterification activity of the wash solution by methodology Nyari et al. (2016).

Immobilization of CALB lipase in polyurethane (PU)

The immobilization yield was defined as the relationship between the total activity offered (UT0) (611.5 UT0), calculated considering the amount of free enzyme (0.2 g) used in the incorporation step, and the experimental total activity (UTExp.) (immobilized enzyme is 1002.98 U mg⁻¹ and free enzyme is 1753.24 U mg⁻¹), calculated by taking account the total activity of the PU (3271.5 UTExp) support incorporated with the enzyme (10.8 g) respectively. The UT0 and values obtained for the free and immobilized enzymes. There

was an increase in the activity of the immobilized enzyme was 302.9 U mg⁻¹ with yield 5535.3%. These results suggest a beneficial effect of immobilization in the enzyme activity and associated with several factors, such as the easy accessibility of new active sites by previous study Nyari et al. (2016).

Esterification of ethyl oleate

The esterification of oleic acid and ethyl alcohol to ethyl oleate ester was carried out in triplicate (n=3) in 50 mL glass flask keeping constant molar ratio oleic acid to ethanol in 1:1 (5 g). After each reaction, the reaction medium was filtered to separate the immobilized biocatalyst to the reactional medium. 500 µL aliquots, performed in triplicate, were taken from the reaction mixture. 15 mL of acetone - ethanol solution was added in each sample. Titration with NaOH 0,05 mol L⁻¹ was the method used to determine the amount of oleic acid that have reacted until the system reach the pH 11. The blank samples were made by mixing 500 µL of standard mixture and 15 mL of acetone - ethanol solution.

Enzyme activity unit was defined as the amount of enzyme that is able to convert 1 µmol of fatty acid per minute, calculated by the equation (1).

$$AE = \frac{(V_b - V_a) \times M \times 1000 \times V_f}{t \cdot M_{EL} \times V_c} \quad (1)$$

Where: AE: Esterification (U g⁻¹); Va: Volume of NaOH consumed during the sample titration (mL); Vb: Volume of NaOH consumed during the blank sample titration (mL) M: Molarity of NaOH solution; Vf: Final Volume of the reaction medium; t: time (minutes); m: free enzyme mass or immobilized enzyme mass (g); Vc: Aliquot Volume of the reaction medium withdrawal from the titration (mL).

Reactions: mechanical and ultrasonic systems

The kinetic study was conducted to evaluate the effect of the reaction time (0 to 90 minutes) in terms of esterification to ethyl oleate. For the system with mechanical agitation, the variables studied were catalyst mass (0.018 - 0.582 g) and reaction temperature (35.9 - 64.1 °C), keeping mechanical stirring at 160 rpm and reaction time in 40 minutes. For the ultrasonic system, the variables studied were catalyst content (0.068 - 0.532 g), reaction temperature (25 - 75 °C) and ultrasonic power (26 - 93%), relative to maximum power 1800 A, US 40 KHz, US 132 W), the reaction time was fixed in 15 minutes and 160 rpm according to the methodology used for the mechanical stirring system.

Operational stability

The study of the operating cycles number for the immobilized catalyst used in the ethyl oleate ester synthesis was evaluated using optimized condition from Central Rotational Compound Design (RCCD). After each reaction, the catalyst was filtered to remove the reaction medium and reused in a new reaction. This process was successively repeated until conversion less than 50% of initial activity esterification. The results were expressed in terms of conversion, considering the initial esterification to 100%, calculated according to equation (2).

$$RA(\%) = \frac{U_{final}}{U_{initial}} \times 100 \quad (2)$$

Where: RA (%) = Residual activity; U_{final} = Enzymatic activity after recycles or storage time; U_{initial} = Enzymatic activity of reference (initial).

Statistical analysis

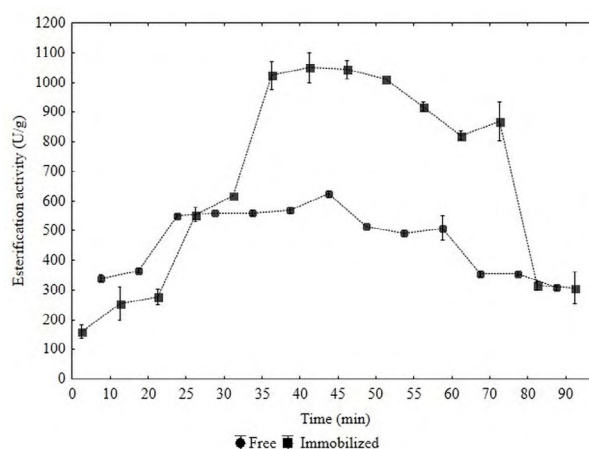
Each experiment was done in triplicate. Data were expressed as means ± standard deviation, and subjected to one-way analysis of variance (Tukey) using Statistica 8.0 (StatSoft) software. A significance level of 95% (p < 0.05) was used.

RESULTS AND DISCUSSION

Mechanical system

Figure 1 shows the evolution of ethyl oleate esterification of oleic acid and ethyl alcohol (90 minutes), for the catalyst free and immobilized according to the condition designed by the full RCCD 2² (Table 1).

Figure 1. Kinetics of ethyl oleate esterification for mechanical system immobilized and free



Source: Author

From the results, it was observed the maximal esterification of 558.78 U g⁻¹ and 1071.42 U g⁻¹, for the catalyst free and immobilized after 25 and 40 minutes of reaction time, respectively.

Moreover, both assays show the same trend, increasing the acid precursor (esterification) conversion, besides the ester, water up to a certain time reaction. Followed by the reduction (hydrolysis), increasing the water concentration in the reaction system, through ester consumption, bound to lipases (Li et al., 2015).

In a general context, it is noted that in an esterification process where the reaction is reversible, it is extremely important to optimize reaction times, since it interferes significantly in the energy costs and in the economic feasibility of the process (AZUDIN et al., 2013).

Table 1 shows the full RCCD 22 for the esterification of oleic acid and ethyl alcohol, as a function of the studied variables, catalyst content (g) and temperature (°C).

Table 1. Matrix of full 22 RCCD experimental design using a free and immobilized catalyst in terms of ethyl oleate esterification by mechanical system

Run	Temperature (°C)	Catalyst content (g)	Free	Immobilized
1	-1 (40)	-1 (0.1)	140.26 ± 11.61	196.92 ± 13.77
2	1 (60)	-1 (0.1)	162.51 ± 11.51	540.00 ± 16.00
3	-1 (40)	1 (0.5)	250.00 ± 20.00	864.01 ± 13.58
4	1 (60)	1 (0.5)	553.85 ± 16.62	1223.26 ± 22.79
5	0 (50)	-1.41 (0.018)	189.66 ± 19.31	903.39 ± 11.02
6	0 (50)	1.41 (0.582)	688.24 ± 13.03	1302.98 ± 3.99
7	-1.41 (35.9)	0 (0.3)	358.33 ± 22.17	379.28 ± 11.07
8	1.41 (64.1)	0 (0.3)	448.10 ± 10.50	1372.32 ± 5.82
9	0 (50)	0 (0.3)	483.33 ± 28.68	1524.73 ± 17.57
10	0 (50)	0 (0.3)	433.33 ± 25.34	1553.83 ± 19.55
11	0 (50)	0 (0.3)	467.76 ± 26.88	1505.27 ± 14.51

* Fixed parameters: substrate mass 5 g, oleic acid to ethanol molar ratio 1:1, reaction time 40 minutes and 160 rpm of mechanical agitation.

Source: Author

According to the results, the maximum esterification in terms of oleic acid was obtained in the assay 6 (688.24 U g⁻¹) to free after 25 minutes and assay 9, 10 and 11 (1553.83 U g⁻¹) to immobilized catalyst after 40 minutes of reaction time.

From the assays 1 and 3, 2 and 4, 5 and 7, 6 and 8, it was observed that esterification was directly proportional to the reaction temperature and catalyst content, indicating a positive effect of the temperature and catalyst (free or immobilized) in the oleic acid esterification.

This positive effect of temperature is consistent with the endothermic nature of the esterification reactions, which is characterized by the reversibility, that is, it presents a chemical equilibrium, indicates that it occurs with heat absorption, and that the

increase of temperature provides an equilibrium in the reaction system, shifting the reaction for the products side, increasing reaction yield. The temperature effect can be related to the reduction in the system viscosity, reducing the mass transfer limitation.

Another variable of extreme importance, combined with temperature was the biocatalyst content, according to the Table 1, it was possible to observe an increase in the oleic acid conversion with the increase of the biocatalyst content. The increase in the biocatalyst content increases the number of active sites present in the reaction favoring the esterification.

In general, all tests using the immobilized catalyst showed higher conversions of butanoic acid in relation to the free catalyst, which is the main advantage through an efficient immobilization method, as presented in our study, besides the possibility of reuse and reduction of inactivation by distortion of its native structure by the influence of temperature, pH and solvents.

According to Nyari et al. (2016), this performance involves factors such as: any enzyme added in the immobilization process is adhered to the support, there is no leaching caused by the reaction medium and the interaction of the support material with the active center of the enzyme, leading to the opening of the hydrophobic lid and leaving the exposed site, providing an increase in the activity / conversion of the esterification reaction. According to Orellana-Coca et al. (2005) and Colombo et al. (2015), an excess in the catalyst content is necessary to keep the enzyme activity during the reaction time.

Equation 3 and 4 (catalyst free and immobilized, respectively) presents the second - order coded model, which describes the ethyl oleate esterification as a function of the independent variables (factors) analyzed (catalyst content and temperature) within the studied range.

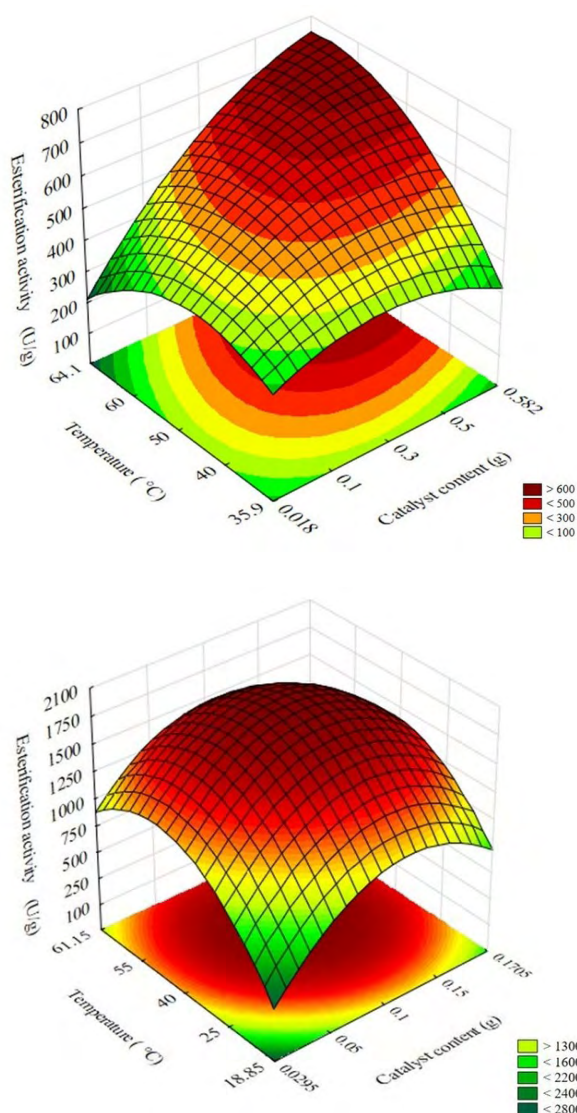
The correlation coefficient obtained for catalyst free ($R^2 = 0.90$) with $F_{cal} (11.11) > F_{tab} (4.01)$ ($F_{cal} > F_{tab} = 2.71$) allowed the construction of the surface response presented equation 3 the construction of the contour plot in Figure 2 (a) where catalyst content (g) (M) and temperature (°C) (T).

$$\text{Esterification activity (U g}^{-1}\text{)} = 461.57 + 78.72T - 65.74T^2 + 128.95M - 47.88M^2 + 70.25M.T \quad (3)$$

The correlation coefficient obtained for catalyst immobilized ($R^2 = 0.94$) with $F_{cal} (2.71) > F_{tab} (4.01)$ ($F_{cal} > F_{tab} = 0.72$) allowed the construction of the surface response presented in equation 4 the construction of the contour plot Figure 2 (b) where catalyst content (g) (M) and temperature (°C) (T).

$$\text{Esterification activity (U g}^{-1}\text{)} = 15.28 + 307.30T - 392.36T^2 - 191.76M - 378.78M^2 - 71.25M.T \quad (4)$$

Figure 2. Surface response using a free (a) and immobilized (b) catalyst in terms of ethyl oleate esterification by mechanical system



Source: Author

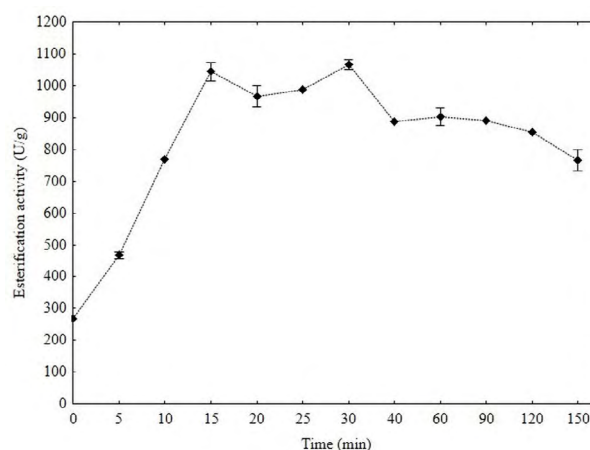
Figure 2 shows the contour plot for the interactions between the variables: catalyst content and temperature for the batch reaction under the mechanical stirring. It was observed that the higher esterifications for the ethyl oleate were achieved in the temperature range of 40-60 °C and biocatalyst content from 0.5 - 0.582 g (central point condition) to immobilized catalyst and temperature >40 °C and biocatalyst content > 0.5 g to free catalyst. In this sense for the ultrasonic system, only the immobilized catalyst was studied, the immobilization process can alter the characteristics of the enzymes, making a comparison not very fair. In these cases, optimizing conditions for

each type of enzyme is always better due to the better results in terms of esterification of ethyl oleate.

Ultrasonic system

Figure 3 shows the evolution of ethyl oleate esterification of oleic acid and ethyl alcohol (90 minutes), for the catalyst free and immobilized according to the condition designed by the full RCCD 2^3 (Table 2).

Figure 3. Kinetics of ethyl oleate esterification for ultrasonic system



Source: Author

From the results, it was observed the maximal esterification of 1034.08 U g⁻¹ after 15 minutes of reaction time. From this results, it was possible to relate the initial reaction velocity with the agitation type. It can be related to modification and opening of the three-dimensional structure of the enzyme, second Liu et al. (2008), the reduction in the reaction time can be linked to the increase in the reaction rate, which can be obtained using ultrasonic agitation system, mainly due the formation of microscopic droplets in the system, increasing the interfacial area by increasing surface contact reducing mass transference limitations between substrate and catalyst. In addition to the excellent performance, such as heat dissipation, the higher contact time between substrates and catalyst, suitable for industrial scale-up, due the catalyst is not affected by the agitation and rupture by the mechanical system (Figure 1) showing that the ultrasonic system and more efficient (Figure 3) (HO et al., 2016; MATTE et al., 2016).

Table 2 shows the full RCCD 2^3 for the synthesis of ethyl oleate ester in batch mode: ultrasonic - assisted system, as a function of the studied variables, immobilized catalyst content (g), temperature (°C), and ultrasonic power (%).

Table 2. Matrix of full 2³ RCCD experimental design in terms of ethyl oleate esterification by ultrasonic system

Run	Temperature (°C)	Enzyme content (g)	Ultrasonic power (%)	Esterification (U g ⁻¹)
1	-1 (25)	-1 (0.1)	-1 (40)	416.67 ± 34.17
2	-1 (25)	-1 (0.1)	1 (80)	1641.36 ± 55.28
3	-1 (25)	1 (0.5)	-1 (40)	1785.71 ± 21.43
4	-1 (25)	1 (0.5)	1 (80)	1707.07 ± 15.03
5	1 (55)	-1 (0.1)	-1 (40)	1139.88 ± 52.99
6	1 (55)	-1 (0.1)	1 (80)	1795.70 ± 48.60
7	1 (55)	1 (0.5)	-1 (40)	1250.71 ± 36.44
8	1 (55)	1 (0.5)	1 (80)	3087.63 ± 22.14
9	-1.68 (24.8)	0 (0.3)	0 (60)	1064.86 ± 26.13
10	1.68 (75.2)	0 (0.3)	0 (60)	867.71 ± 22.60
11	0 (40)	-1.68 (0.068)	0 (60)	939.35 ± 47.08
12	0 (40)	1.68 (0.532)	0 (60)	3054.24 ± 31,21
13	0 (40)	0 (0.3)	-1.68 (26.4)	3005.40 ± 18.41
14	0 (40)	0 (0.3)	1.68 (93.6)	1398.50 ± 32.27
15	0 (40)	0 (0.3)	0 (60)	2122.93 ± 10.29
16	0 (40)	0 (0.3)	0 (60)	2272.47 ± 13.52
17	0 (40)	0 (0.3)	0 (60)	2128.31 ± 16.70

* Fixed parameters: substrate mass 5 g, oleic acid to ethanol molar ratio 1:1, reaction time 15 minutes.

Source: Author

The highest esterification, 3087.60 (U g⁻¹) was observed in the assay 12 (55 °C, 0.532 g of the immobilized biocatalyst, and ultrasonic power of 80%). In general, as in the study conducted with mechanical agitation, the variables evaluated, when analyzed independently, had a positive effect.

The increase in the catalyst (assays 1 and 3, 2 and 4, 5 and 7, 6 and 8, 11 and 12) content showed an increase in the esterification, independent of the temperature and the ultrasonic power. The same behavior was observed for the ultrasonic power (assays 1 and 2, 3 and 4, 5 and 6, 7 and 8), and temperature (assays 1 and 5, 2 and 6, 3 and 7, 4 and 8), independent of the other variables studied.

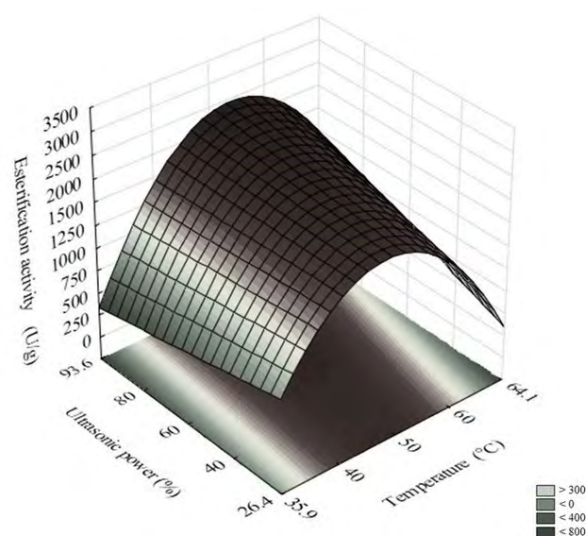
The temperature usually influences the chemical equilibrium of endothermic systems, due to the diffusional effect, while the enzyme content increases the active sites in the reaction medium. In both cases, increasing this ranges, tend to favor the reaction process, usually in terms to improve esterification.

In relation to ultrasonics power, was observed from the results that increasing ultrasonics power was possible to increase ethyl oleate esterification and conversion. Choudhury et al. (2013) and Khan et al. (2015) relate the higher conversion due to the cavitation bubbles increasing the solubility of the molecule consequently increasing the reaction rate, and providing a low energy use (KWIATKOWSKA et al., 2011; MARTINS et al., 2013).

Equation 5 presents the second - order coded model, which describes the ethyl oleate esterification as a function of the independent variables (factors) analyzed (catalyst content, temperature and ultrasonic power) within the studied range.

The correlation coefficient obtained for obtained ($R^2 = 0.94$) with $F_{cal} (2.91) > F_{tab} (3.63)$ ($F_{cal} > F_{tab} = 0.80$), equation 5 e the construction of the contour plot presented in Figure 4 where catalyst content (g) (M), temperature (°C) (T) and ultrasonic power (%) (P).

$$\text{Esterification activity (U g}^{-1}\text{)} = 4.18 + 120.59T - 574.65T^2 + 485.97M + 106.49P + 168.25T.P \quad (4)$$

Figure 4. Surface response in terms of ethyl oleate esterification by ultrasonic system

Source: Author

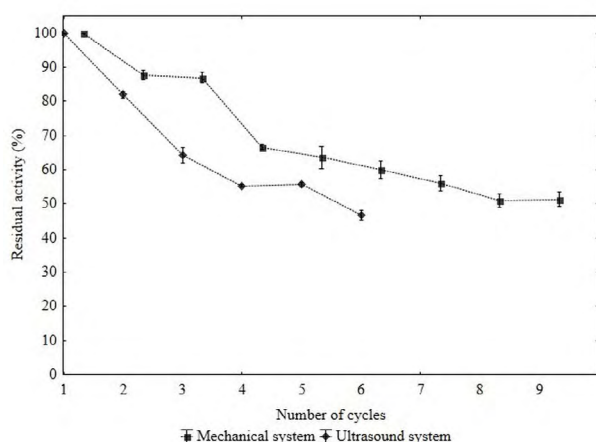
The highest esterification for the synthesis of ethyl oleate esters were achieved in the region corresponding to high temperature (40 – 60 °C). The literature reports several concerns regarding the application of the ultrasonic system as a tool in the reactions of ester synthesis.

Through the results obtained in this study, it was shown that by using ultrasonic - assisted system it was possible to obtain ethyl oleate esters in a relatively short reaction time (15 minutes), especially when compared to the conventional system, presenting as an alternative process, simple, and promising to improve reaction conditions and conversion yield.

Operational stability

Figure 5 shows the operational stability (number of reuse cycles) for the esterification of ethyl oleate (mechanical agitation and ultrasonic - assisted system). Considering 100% as residual activity with 5 cycles in mechanical agitation.

Figure 5. Operational stability for the esterification of ethyl oleate using mechanical system (40 minutes) and ultrasound system (15 minutes)



Source: Author

In a more extensive analysis, it was observed that the mechanical system showed 19 cycles with residual activity higher than 60% of residual activity and 14 cycles higher than 50% residual activity. The observed reduction in the conversion during the reuse cycles may be related to the biocatalyst loss of mass between cycles, by the leaching of the enzyme from the support and by the catalyst denaturation according to successive reuses (CARVALHO et al., 2015; BANSODE; RATHOD, 2014; WAGHMARE et al., 2015).

According to a study of Nyari et al. (2016) the immobilized enzyme to the reaction medium, favors the increased stability of immobilized CALB on PU. It is therefore proposed that this immobilized enzyme can be used in future applications employing a continuous flow rate at different temperatures. Thus, evidencing good resistance to elevated temperatures, the results demonstrate the effectiveness of the catalyst in PU matrix. In addition, the catalyst may have been more stable, or modifications in the support structure may have favored immobilized enzyme stability. The enzyme in soluble form has some flexibility, which causes conformational changes in active site, often irreversible, and makes it inactive for direct temperature influences. When immobilized, it becomes more rigid due to their bonds with the support, decreasing the flexibility while maintaining the shape of the active site, which is responsible for its activity. The PU support has great mechanical stability, this contributed to present a higher thermal stability immobilized enzyme to the reaction medium, in this case, favored the increased stability of immobilized CALB on PU.

Poppe et al. (2015) using mechanical agitation for the synthesis of methyl esters using immobilized Novozym 435 obtained 8 cycles of reuse keeping 70% of the initial. Khan et al. (2015) in the synthesis of cetyl oleate ester by an ultrasonic - assisted system and mechanical agitation using commercial lipase *Candida antarctica*

lipase B CALB™ 10000, obtained only one reuse cycle with 80% of initial enzyme activity for both systems.

Adewale et al. (2016) reported the transesterification of biodiesel by an ultrasonic - assisted system using *Candida antarctica* B lipase (CALB), the authors reported 3 and 5 cycles of reuse keeping 40% of the initial enzyme activity. Michelin (2015) in the synthesis of ethyl esters using immobilized lipase (Novozym 435) reported the possibility of 5 cycles of reuse keeping enzyme activity up to 50% of the initial activity.

CONCLUSIONS

The operating mechanical system the maximum esterification of ethyl oleate used immobilized catalyst was 1553.83 U g⁻¹ with 19 cycles of reuse after 40 minutes of and ultrasound system reaction time in and 3087.60 U g⁻¹ was observed and 14 cycles de reuse after 15 minutes of reaction time used *Candida antarctica* lipase B immobilized on polyurethane. Thus, the process was considered efficient with significant reduction of the reaction time, low instrumental requirements and improve the bioprocess performance. Until now, there were no studies available in the open literature in relation to the ester synthesis catalyzed by immobilized lipase in polyurethane as support in the ultrasound system. Thus, the results obtained in this work are promising in relation to the results observed in the literature for different lipases immobilized on different supports and applied in the synthesis of different esters.

REFERENCES

- ABOU-OKEIL, A.; EL-SHAFIE, A.; EL ZAWAHRY, M. M. Ecofriendly laccase-hydrogen peroxide/ultrasound-assisted bleaching of linen fabrics and its influence on dyeing efficiency. **Ultrason. Sonochem**, v. 17, n. 2, p. 383-390, 2010.
- ADEWALE, P.; DUMONT, M. J.; NGADI, M. Enzyme-catalyzed synthesis and kinetics of ultrasonic assisted methanolysis of waste lard for biodiesel production. **Chemical Engineering Journal**, v. 284, p. 158-164, 2016.
- ADLERCREUTZ, P. Immobilisation and application of lipases in organic media. **Chemical Society Reviews**. v. 42, n. 15, p. 6406-6436, 2013.
- AZUDIN, N. Y.; DON, M. M.; SHUKOR, S. R. A. Production and kinetics of isoamyl acetate from acetic anhydride using *Candida antarctica* Lipase B in a solvent-free system. **Chemical Engineering Transactions**, v. 32, p. 1057-1062, 2013.
- BABAKI, M.; YOUSEFI, M.; HABIBI, Z.; BRASK, J.; MOHAMMADI, M. Preparation of highly reusable biocatalysts by immobilization of lipases on epoxy-functionalized silica for production of biodiesel from canola oil. **Biochemical Engineering Journal**, v. 101, p. 23-31, 2015.

- BABAKI, M.; YOUSEFI, M.; HABIBI, Z.; MOHAMMADI, M.; YOUSEFI, P.; MOHAMMADI, J.; BRASK, J. Enzymatic production of biodiesel using lipases immobilized on silica nanoparticles as highly reusable biocatalysts: effect of water, t-butanol and blue silica gel contents. **Renewable Energy**, v. 91, n. 1, p. 196-206, 2016.
- BANSODE, S. R.; RATHOD, V. K. Ultrasound assisted lipase catalyzed synthesis of isoamyl butyrate. **Process Biochemistry**, v. 49, n. 8, p. 1297-1303, aug. 2014.
- BATISTELLA, L.; LERIN, L. A.; BRUGNEROTTO, P.; DANIELLI, A. J.; TRENTIN, C. M.; POPIOLSKI, A.; TREICHEL, H.; OLIVEIRA, J. V.; OLIVEIRA, D. de. Ultrasound-assisted lipase-catalyzed transesterification of soybean oil in organic solvent system. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 19, n. 3, p. 452-458, may. 2012.
- CANET, A.; BENAIGES, M. D.; VALERO, F.; ADLERCREUTZ, P. Exploring substrate specificities of a recombinant *Rhizopus oryzae* lipase in biodiesel synthesis. **New Biotechnology**, v. 39, n. 1, p. 59-67, 2017.
- CARVALHO, A. K. F.; FARIA, E. L. P.; RIVALDI, J. D.; ANDRADE, G. S. S.; OLIVEIRA, P. C. de; CASTRO, H. F. de. Performance of whole-cells lipase derived from *Mucor circinelloides* as a catalyst in the ethanolysis of non-edible vegetable oils under batch and continuous run conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 67, p. 287-294, may. 2015.
- CAZABAN, D.; WILSON, L.; BETANCOR, L. Lipase immobilization on siliceous supports: application to synthetic reactions. **Current Organic Chemistry**, v. 21, n. 2, p. 96-103, 2017.
- CHOUDHURY, H. A.; MALANI, R. S.; MOHOLKAR, V. S. Acid catalyzed biodiesel synthesis from *Jatropha* oil: mechanistic aspects of ultrasonic intensification. **Chemical Engineering Journal**, v. 231, p. 262-272, 2013.
- COLOMBO, T. S.; MAZUTTI, M. A.; DI LUCCIO, M.; OLIVEIRA, D. de; OLIVERA, J. V. Enzymatic synthesis of soybean biodiesel using supercritical carbon dioxide as solvent in a continuous expanded-bed reactor. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 97, p. 16-21, feb. 2015.
- DESHMUKH, A. W.; VARMA, M. N.; YOO, C. K. E.; WASEWAR, K. L. Effect of ethyl oleate pretreatment on drying of ginger: characteristics mathematical modelling. **Journal of Chemistry**, v. 1, p. 1-6, 2013.
- DHAKE, K. P.; THAKARE, D. D.; BHANAGE, B. M. Lipase: a potential biocatalyst for the synthesis of valuable flavour and fragrance ester compounds. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 28, p. 71-83, 2013.
- DILL, L. P.; KOCHEPKA, D. M.; KRIEGER, N.; RAMOS, L. P. Synthesis of fatty acid ethyl esters with conventional and microwave heating systems using the free lipase B from *Candida antarctica*. **Biocatalysis and Biotransformation**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2018.
- FERNANDEZ-LOPEZ, L.; PEDRERO, S. G.; LOPEZ-CARROBLES, N.; GORINES, B. C.; VIRGEN-ORTÍZ, J. J.; FERNANDEZ-LAFUENTE, R. Effect of protein load on stability of immobilized enzymes. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 98, n. 1, p. 18-25, mar. 2017.
- GARCIA - GALAN, C.; BERENQUER - MURCIA, A.; FERNANDEZ - LAFUENTE, R.; RODRIGUES, R. C. Potential of different enzyme immobilization strategies to improve enzyme performance. **Advanced Synthesis & Catalysis**, v. 353, p. 2885-2904, 2011.
- HIRATA, D. B.; ALBUQUERQUE, T. L.; RUEDA, N.; VIRGEN-ORTÍZ, J. J.; TACIAS-PASCACIO, V. G.; FERNANDEZ-LAFUENTE, R. Evaluation of different immobilized lipases in transesterification reactions using tributyrin: advantages of the heterofunctional octyl agarose beads. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 133, p. 117-123, nov. 2016.
- HO, W. W. S.; NG, H. K.; GAN, S. Advances in ultrasound-assisted transesterification for biodiesel production. **Applied Thermal Engineering**, v. 100, n. 1, p. 553-563, may. 2016.
- ITSEKSON, A. M.; SEIDMAN, D. S.; ZOLTI, M.; ALESKER, M.; CARP, H. J. A. Steroid hormone hypersensitivity: clinical presentation and management. **Fertility and Sterility**, v. 95, n. 8, p. 2571-2573, june. 2011.
- KHAN, N. R.; JADHAV, S. V.; RATHOD, V. K. Lipase catalyzed synthesis of cetyl oleate using ultrasound: optimisation and kinetic studies. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 27, p. 522-529, 2015.
- KHAN, N. R.; RATHOD, V. K. Enzyme catalyzed synthesis of cosmetic esters and its intensification: a review. **Process Biochemistry**, v. 50, n. 11, p. 1793-1806, nov. 2015.
- KWIATKOWSKA, B.; BENNETT, J.; AKUNNA, J. C.; WALKER, G. M.; BREMNER, D. H. Stimulation of bioprocesses by ultrasound. **Biotechnology Advances**, v. 29, n. 6, p. 768-780, 2011.
- LI, L.; JI, F.; WANG, J.; LI, Y.; BAO, Y. Esterification degree of fructose laurate exerted by *Candida antarctica* lipase B in organic solvents. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 69, p. 46-53, feb. 2015.
- LIU, Y.; JIN, Q.; SHAN, L.; LIU, Y.; SHEN, W.; WANG, X. The effect of ultrasound on lipase-catalyzed hydrolysis of soy oil in solvent-free system. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 15, n. 4, p. 402-407, apr. 2008.
- MADALOZZO, A. D.; MARTINI, V. P.; KUNIYOSHI, K. K.; SOUZA, E. M. de; PEDROSA, F. O.; GLOGAUER, A.; ZANIN, G. M.; MITCHELL, D. A.; KRIEGER, N. Immobilization of LipC12, a new lipase obtained by metagenomics, and its application in the synthesis of biodiesel esters. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 116, n. 1, p. 45-51, june. 2015.

- MARTINS, A. B.; FRIEDRICH, J. L. R.; CAVALHEIRO, J. C.; GARCIA-GALAN, C.; BARBOSA, O.; AYUB, M. A. Z.; FERNANDEZ-LAFUENTE, R.; RODRIGUES, R. C. Improved production of butyl butyrate with lipase from *Thermomyces lanuginosus* immobilized on styrene-divinylbenzene beads. **Bioresource Technology**, v. 134, p. 417-422, apr. 2013.
- MATTE, C. R.; BORDINHÃO, C.; POPPE, J. K.; RODRIGUES, R. C.; HERTZ, P. F.; AYUB, M. A. Z. Synthesis of butyl butyrate in batch and continuous enzymatic reactors using *Thermomyces lanuginosus* lipase immobilized in Immobead 150. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 127, n.1, p. 67-75, may. 2016.
- MATTIASSON, B. Immobilization methods. In: MATTIASSON, B. **Immobilized cells and organelles**: volume 1. Boca Raton: CRC Press, reissued 2018. p. 3-26.
- MICHELIN, S.; PENHA, F. M.; SYCHOSKI, M. M.; SCHERER, R. P.; TREICHEL, H.; VALÉRIO, A.; OLIVEIRA, D. de; OLIVEIRA, J. V. Kinetics of ultrasound-assisted enzymatic biodiesel production from Macauba coconut oil. **Renewable Energy**, v. 76, p. 388-393, 2015.
- NYARI, N. L. D.; FERNANDES, I. A.; BUSTAMANTE-VARGAS, C. E.; STEFFENS, C.; OLIVEIRA, D. de; ZENI, J.; RIGO, E.; DALLAGO, R. M. *In situ* immobilization of *Candida antarctica* B lipase in polyurethane foam support. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 124, p. 52-61, feb. 2016.
- NYARI, N. L. D.; ZABOT, G. L.; ZAMADEI, R.; PALUZZI, A. R.; TRES, M. V.; ZENI, J.; VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M. Activation of *Candida antarctica* lipase B in pressurized fluids for the synthesis of esters. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 93, n. 3, p. 897-908, 2018.
- ORELLANA-COCA, C.; TÖRNVALL, U.; ADLERCREUTZ, D.; MATTIASSON, B.; HATTI-KAUL, R. Chemo-enzymatic epoxidation of oleic acid and methyl oleate in solvent-free medium. **Biocatalysis and Biotransformation**, v. 23, n. 6, p. 431-437, 2005.
- POOJARI, Y.; BEEMAT, J. S.; CLARSON, S. J. Enzymatic synthesis of poly (ϵ -caprolactone): thermal properties, recovery, and reuse of lipase B from *Candida antarctica* immobilized on macroporous acrylic resin particles. **Polymer Bulletin**, v. 70, n. 5, p. 1543-1552, may. 2013.
- POPPE, J. K.; FERNANDEZ-LAFUENTE, R.; RODRIGUES, R. C.; AYUB, M. A. Z. Enzymatic reactors for biodiesel synthesis: present status and future prospects. **Biotechnology Advances**, v. 33, n. 5, p. 511-525, sept./oct. 2015.
- SCHREIBER, S.; THIEFES, A.; SCHULDT, U.; DÄHNE, L.; SCHEPER, T.; BEUTEL, S. New application of depth filters for the immobilization of *Candida antarctica* lipase B. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 101, n. 2, p. 599-607, jan. 2017.
- TOLEDO, M. V.; SUSTER, C. R. L.; FERREIRA, M. L.; COLLINS, S. E.; BRIAND, L. E. Molecular recognition of an acyl-enzyme intermediate on the lipase B from *Candida antarctica*. **Catalysis Science & Technology**, v. 7, n. 9, p. 1953-1964, 2017.
- TOMIN, A.; HORNYÁNSZKY, G.; KUPAI, K.; DORKÓ, Z.; ÜRGE, L.; DARVAS, F.; POPPE, L. Lipase-catalyzed kinetic resolution of 2-methylene-substituted cycloalkanols in batch and continuous-flow modes. **Process Biochemistry**, v. 45, n. 6, p. 859-865, june. 2010.
- VESCOVI, V.; GIORDANO, R. L.; MENDES, A. A.; TARDIOLI, P. W. Immobilized lipases on functionalized silica particles as potential biocatalysts for the synthesis of fructose oleate in an organic solvent/water system. **Molecules**, v. 22, n. 2, p. 1-16, 2017.
- WAGHMARE, G. V.; VETAL, M. D.; RATHOD, V. K. Ultrasound assisted enzyme catalyzed synthesis of glycerol carbonate from glycerol and dimethyl carbonate. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 22, p. 311-316, jan. 2015.
- ZHANG, L.; JIANG, Y.; SHI, J.; SUN, X.; LI, J.; JIANG, Z. Biomimetic polymer-inorganic hybrid microcapsules for yeast alcohol dehydrogenase encapsulation. **Reactive and Functional Polymers**, v. 68, n. 11, p. 1507-1515, nov. 2008.

● CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

APLICAÇÃO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS NO ESTUDO DE EVASÃO DO CURSO TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA NO IFTM – CAMPUS ITUIUTABA

*Jacson Hudson Inácio Ferreira^{*1}, Dayane Helena Batista Silva², Ilma Aparecida Martins Silva³*

RESUMO: A evasão escolar está presente nos diversos níveis e modalidades de ensino e proporciona a todos os envolvidos no processo educacional prejuízos sociais, econômicos, políticos e acadêmicos. Logo, o desenvolvimento de métodos de previsão, identificação e avaliação de estudantes com risco de evasão torna-se essencial para reduzir os altos índices de abandono. Nesse contexto, este trabalho objetiva apresentar as técnicas de Redes Neurais Artificiais (RNA) como ferramenta para identificar os padrões e os estudantes em um processo de evasão. O sistema foi desenvolvido utilizando uma RNA Multicamadas *Perceptron* (MLP) e o algoritmo *Levenberg-Marquardt* utilizando o processo de aprendizagem através de uma base de dados. Foi aplicado esse sistema no curso Técnico em Eletrotécnica do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Ituiutaba. Após a criação do banco de dados por meio de um questionário aplicado aos ex-alunos do curso entre 2011 e 2015, foram realizadas simulações e os resultados mostraram que a RNA implantada obteve 94% de acertos para a fase de treinamento e 100% de acertos para a fase de teste, evidenciando a efetividade do sistema. Foi possível também aplicar a técnica para os alunos ingressantes em 2018 e identificar alunos propensos à evasão escolar.

Palavras-chave: Educação. Evasão escolar. Redes Neurais Artificiais.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS APPLICATION IN EVASION STUDY OF THE ELECTROTECHNICAL COURSE AT IFTM – CAMPUS ITUIUTABA

ABSTRACT: School evasion is present in various levels and modality of the education and provides to all involved in the educational process social, economic, political and academic losses. Therefore, the development of methods for prediction, identification and evolution of the students at risk is essential to reduce the high evasion rates. In this context, this article aims to present the techniques of Artificial Neural Networks (ANN) as a tool to identify patterns and students in an evasion process. The system was developed using a Multilayer Perceptron (MLP) and the Levenberg-Marquardt algorithm with the learning process through a database. It was applied in the electrotechnical course of the Federal Institute of the Triângulo Mineiro - *Campus* Ituiutaba. After the creation of the database through a questionnaire applied to the students that enrolled in the course between 2011 and 2015, simulations were performed and the results showed that the implanted ANN obtained 94% accuracy for the training phase and 100% accuracy for testing, demonstrating the effectiveness of the system. It was also possible to apply the technique to incoming students in 2018 and identify students who are prone to school evasion.

Keywords: Education, School evasion, Artificial Neural Networks.

* Autor correspondente - jacson@iftm.edu.br

1 Mestre em Engenharia Elétrica. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Ituiutaba - MG. Brasil. E-mail: jacson@iftm.edu.br

2 Estudante do Curso Técnico em Eletrotécnica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Ituiutaba - MG. Brasil. E-mail: day.silva.eleto@gmail.com

3 Mestre em Educação. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Ituiutaba - MG. Brasil. E-mail: ilmamartins@iftm.edu.br

INTRODUÇÃO

Ao longo da história da Educação, o fenômeno da evasão escolar permeia entre os vários níveis e modalidades de ensino e tem gerado prejuízos sociais, econômicos, políticos, acadêmicos e financeiros a todos os envolvidos no processo educacional. É um problema complexo e crucial, segundo Martinho (2014), advindo da superposição de fatores endógenos e exógenos da instituição de ensino, além de variáveis demográficas e atributos individuais que influenciam na decisão do estudante de permanecer ou abandonar o curso.

Nesse contexto, diante da complexidade do fenômeno e da necessidade de encontrar soluções, é imprescindível realizar estudos sistemáticos, observar os sinais de evasão iminente e desenvolver estratégias para identificar previamente os estudantes propensos à evasão, com o intuito de possibilitar a articulação de um conjunto de medidas e ações proativas destinadas a manter o estudante na instituição (MARTINHO et al., 2013).

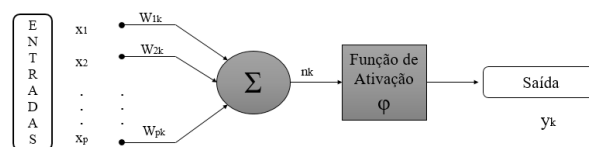
Segundo Barroso e Falcão (2004), as condições que motivam a evasão escolar são classificadas sob três agrupamentos: i) econômica - impossibilidade de permanecer no curso por questões socioeconômicas; ii) vocacional - o aluno não se identifica com o curso; iii) institucional - abandono por fracasso nas disciplinas iniciais, deficiências prévias de conteúdos anteriores, inadequação aos métodos de estudo, dificuldades de relacionamento com colegas ou com membros da instituição.

As variáveis envolvidas no processo da evasão guardam em si uma gama de especificidades inerentes aos diferentes níveis de ensino, cursos e instituições que se possa analisar, são complexas, subjetivas, não-lineares e inter-relacionadas. Uma possibilidade factível para representar situações de complexidade, não-linearidade e subjetividade, como o caso da evasão escolar, é a utilização de Redes Neurais Artificiais (RNAs) (MARTINHO et al., 2013).

Redes Neurais Artificiais vem sendo empregadas em um grande número de aplicações comerciais e científicas. Sua utilização mostrou-se viável para resolver diversos problemas relacionados à investigação de informações úteis em bases de dados (MANHÃES et al., 2012).

O elemento básico para processar uma rede neural artificial é o neurônio artificial. A Figura 1 apresenta um modelo do neurônio artificial. O recurso característico dessas redes é que elas consideram os conhecimentos acumulados adquiridos durante o treinamento e respondem aos novos eventos e testes da forma mais apropriada, dando a experiência adquirida durante o processo de treinamento (EKONOMOU, 2010).

Figura 1. Modelo de um neurônio artificial



Fonte: Adaptado (GUTIÉRREZ e ROMANEL, 2003).

As redes neurais artificiais têm sido desenvolvidas como generalizações de modelos matemáticos da cognição humana ou biologia neural (HAYKIN, 1994), assumindo que:

- 1) o processamento da informação ocorre em vários elementos chamados *neurônios*;
- 2) os sinais são propagados de um elemento a outro através de *conexões*;
- 3) cada conexão possui um *peso (w)* associado, que, em uma rede neural típica, pondera o sinal transmitido; e
- 4) cada neurônio (ou unidade) aplica uma função de ativação φ (geralmente não-linear) à sua entrada de rede (Σ soma ponderada dos sinais de entrada x) para determinar sua saída y .

O curso Técnico em Eletrotécnica no Instituto Federal Triângulo Mineiro – Campus Ituiutaba iniciou em 2011 e o número de alunos que evadiram é alto. A Tabela 1 apresenta o número de alunos que ingressaram e o número de alunos que evadiram.

Tabela 1. Relação de alunos matriculados e evadidos do Curso Técnico em Eletrotécnica no IFTM – Campus Ituiutaba

	Ingressantes	Evadidos
2011	35	22
2012	35	26
2013	35	22
2014	35	25
2015	35	14
Total	175	109

Fonte: Sistema Acadêmico da Instituição

Assim, o objetivo, neste estudo, foi utilizar as técnicas de Redes Neurais Artificiais como ferramenta a fim de identificar a influência dos motivos pessoais/profissionais e institucionais em um processo de evasão, e a verificação da possibilidade de evasão de um aluno ingressante no curso Técnico em Eletrotécnica do IFTM – Campus Ituiutaba.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste artigo, foi necessária a criação de um banco de dados com os ex-alunos do Técnico em Eletrotécnica. Desenvolveu-se um questionário com 31 perguntas no *Google Forms* e

encaminhado via e-mail para os alunos que ingressaram no Técnico em Eletrotécnica entre os anos de 2011 e 2015. As perguntas englobavam variáveis pessoais, profissionais e institucionais, criadas de forma simples, objetiva e que fosse de fácil compreensão e resposta dos alunos (Tabela 2). As respostas dos alunos baseavam-se com a situação deles na época em que cursavam Eletrotécnica (Tabela 3).

Tabela 2. Questões do formulário utilizadas para a construção do banco de dados

1. Conclusão do curso.
2. Período do abandono.
3. Sexo.
4. Idade.
5. Renda.
6. Principal fonte de renda.
7. Veículo próprio.
8. Filhos (as).
9. Residente em Ituiutaba.
10. Curso em conjunto à Eletrotécnica.
11. Trabalhava.
12. Ausentar das aulas.
13. Incentivo/apoio da empresa.
14. Anos fora da escola.
15. Boa base escolar.
16. Conhecimentos prévios da área.
17. Identificação com o curso.
18. Número de reprovação em disciplinas.
19. Dificuldades no curso.
20. Dificuldade aulas práticas.
21. Dificuldade aulas teóricas.
22. Dificuldade para entrar em estágio.
23. Dificuldade na execução do estágio.
24. Dificuldade na escrita do relatório de estágio.
25. Bom relacionamento com os docentes.
26. Bom relacionamento com os alunos.
27. Estrutura dos laboratórios influenciam na conclusão do curso.
28. Aulas teóricas influenciam na conclusão do curso.
29. Aulas práticas influenciam na conclusão do curso.
30. Conclusão do curso depende de ações da Instituição.
31. Conclusão do curso depende do aluno.

Tabela 3. Respostas possíveis do formulário utilizadas para a construção do banco de dados

1. Sim Não.
 1º Per. 2º Per.
2. 3º Per. 4º Per.
 Eu conclui
3. Masculino
 Feminino
4. 16 – 22 23 – 29
 30 – 40 acima de 40
 Sem renda Menos de 1 salário
5. Um salário Um salário e meio
 Dois salários Mais de dois
6. Sim Não.
7. Sim Não.
8. Sim Não.
9. Sim Não.
10. Sim Não.
11. Sim Não.
12. Sim Não.
 Não trabalhei
13. Pouco apoio
 Total apoio
14. 0 – 1 2 – 4
 5 – 9 acima de 10
 Fraco Regular
15. Boa Ótima
16. Sim Não.
17. Sim Não.
18. 0 1 – 3 4 – 7
19. Sim Não.
20. Sim Não.
21. Sim Não.
22. Sim Não.
23. Sim Não.
24. Sim Não.
25. Sim Não.
26. Sim Não.
27. Sim Não.
28. Sim Não.
29. Sim Não.
30. Sim Não.
31. Sim Não.

Após a criação do banco de dados, iniciou-se a configuração da Rede Neural Artificial para o estudo da evasão do curso em Eletrotécnica. As técnicas, algoritmo e padrões de entrada da RNA estão descritas na Tabela 4. O modelo RNA foi treinado sob a caixa de ferramentas de rede neural do Scilab (Neural Network).

Tabela 4. Configuração da RNA utilizada para o estudo da evasão

Arquitetura	Feedforward
Treinamento	Supervisionado - MPL
Algoritmo	Levenberg-Marquardt
Dados de entrada	Respostas das questões 2 a 31
Dados de saída	Resposta da questão 1
Neurônios da Camada Oculta	5, 10 e 20 neurônios
Pesos iniciais	Randômicos
Funções de Ativação	Sigmoide
Divisão dos dados	Treinamento: 70%, Validação: 15% e Teste: 15%
Normalização dos dados	[0,1]

As simulações foram divididas e analisadas em 3 partes:

- Simulação 1: utilizando todas as variáveis como entrada, foi observado o erro da saída da RNA na fase de treinamento e teste;
- Simulação 2: utilizando as variáveis pessoais/profissionais como entrada, foi observado o erro da saída da RNA na fase de treinamento e teste;
- Simulação 3: utilizando as variáveis institucionais como entrada, foi observado o erro da saída da RNA na fase de treinamento e teste.

O questionário também foi aplicado para os alunos ingressantes no curso em Eletrotécnica, em 2018, a fim de que, após a identificação da melhor matriz de pesos, a RNA possa identificar se um novo aluno concluirá ou não concluirá o curso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos das simulações utilizando a RNA para o estudo da evasão após a criação do banco de dados com as respostas dos ex-alunos do Técnico em Eletrotécnica. Também serão apresentados os resultados da RNA para os alunos ingressantes do curso em 2018, definindo se eles concluirão ou não o curso.

Foi possível criar um banco de dados com base na resposta de 50 alunos, em que desses 33 evadiram e 17 concluíram o curso. O número do conjunto de dados não descarta a eficácia e aplicação da RNA.

Os parâmetros do modelo de RNA são dados como segue:

- (a) número de neurônios de entrada: 30 (todas variáveis), 15 (variáveis pessoais/profissionais) e 15 (variáveis institucionais);
- (b) número de camadas de saída: 1;
- (c) número de neurônios médios é estimado em alguns métodos empíricos.

O número de neurônios na camada oculta utilizada neste trabalho foi de 5, 10 ou 20. Os pesos foram determinados aleatoriamente. Nesse sentido, o desempenho de cada modelo é avaliado várias vezes (15) para diferentes treinamentos e conjuntos de testes. A escolha dos melhores resultados baseou-se na menor porcentagem de erros da fase de treinamento e de teste.

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos na simulação 1, em que todas as variáveis eram utilizadas para treinamento e teste da rede.

Tabela 5. Resultados da Simulação 1

Configuração	Erros Treinamento (Total)	Erros Treinamento (%)	Erros Teste (Total)	Erros Teste (%)
30,5,1	10	27,8	1	14,3
30,10,1	5	13,9	0	0
30,20,1	2	5,6	0	0

Os resultados da Tabela 5 apresentam os melhores resultados para a RNA com o número de neurônios na camada oculta igual a 20, com 94,4% de acertos na fase de treinamento e 100% na fase de teste.

Conforme a divisão dos dados apresentada na Tabela 4 (70%, 15% e 15%) e do conjunto de dados (50 ex-alunos), o número de dados para a fase de treinamento foi 36 e de teste 7. Isso significa que a rede acertou 34 resultados na fase de treinamento e todos os 7 na fase de teste, demonstrando bom desempenho pela rede.

As Tabelas 6 e 7 apresentam os resultados obtidos na simulação 2 e 3, respectivamente, onde as variáveis pessoal/profissional e institucional foram avaliadas separadamente.

Tabela 6. Resultados da Simulação 2

Configuração	Erros Treinamento (Total)	Erros Treinamento (%)	Erros Teste (Total)	Erros Teste (%)
15,5,1	5	13,9	1	14,3
15,10,1	0	0	1	14,3
15,20,1	4	11,11	1	14,3

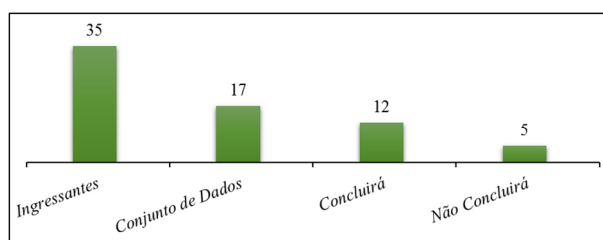
Tabela 7. Resultados da Simulação 3

Configuração	Erros Treinamento (Total)	Erros Treinamento (%)	Erros Teste (Total)	Erros Teste (%)
15,5,1	10	27,8	1	14,3
15,10,1	4	11,11	0	0
15,20,1	4	11,11	0	0

Analisando os resultados das Tabelas 6 e 7, nota-se que os resultados são equivalentes aos da Tabela 5 quanto a fase de teste, em que todas as variáveis eram utilizadas para treinamento da rede. Esses resultados podem demonstrar que não há um peso específico para as variáveis quando analisamos as causas da evasão. Tanto as causas pessoais/profissionais quanto as variáveis institucionais contribuem para a evasão escolar e que, em seu processo, é necessário analisá-las de forma conjunta.

Com o conjunto de novos dados formado a partir das respostas do questionário pelos alunos ingressantes no curso em Eletrotécnica em 2018 e com a matriz de peso da melhor configuração de RNA para todos as variáveis (30,20,1), foi possível identificar através da RNA qual(is) aluno(s) irá(ão) concluir o curso e qual(is) aluno(s) irá(ão) evadir, aumentando mais o índice apresentado na Tabela 1. A Figura 2 representa o gráfico dos resultados para os alunos ingressantes.

Figura 2. Gráfico dos alunos ingressantes em 2018



Dos 35 alunos ingressantes, 17 responderam ao questionário. Desses 17, foi identificado através da RNA que 5 poderão não concluir o curso, restando 12 que poderão concluir. Esse número representa 30% de evasão para o curso.

A Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC) elaborou um documento orientador para a superação da evasão e retenção na rede federal de educação profissional, científica e tecnológica no qual era necessário a identificação dos cursos com taxa de evasão ou taxa de retenção superior a 15% (SETEC, 2014).

Dessa forma, para o ano de 2018, o curso Técnico em Eletrotécnica poderá superar esse índice. A utilização das técnicas de RNA para identificar alunos que são predispostos a evadir o curso poderá servir como uma ferramenta útil no combate ao abandono escolar.

CONCLUSÕES

O problema da evasão escolar tem se tornado um dos grandes desafios enfrentados pelas instituições de ensino público, pois as causas e consequências se deparam com fatores pessoais, profissionais e institucionais. Para diminuir os altos índices de evasão e aumentar o número de alunos e alunas que persistem e concluem os cursos com uma boa aprendizagem é necessário que a gestão escolar tenha algum tipo de mecanismo capaz de planejar e interferir em um processo de evasão.

A identificação dos alunos que apresentam risco de evasão por meio do uso técnicas de rede neurais artificiais mostrou-se viável como ferramenta que possa interferir positivamente no processo. Este trabalho avaliou as técnicas de RNA através de simulações nas quais foram aplicadas sobre uma base de dados dos ex-alunos do curso Técnico em Eletrotécnica do IFTM – Campus Ituiutaba. Os experimentos retornaram dados entre 86% e 94% de eficiência na avaliação dos padrões existentes que contribuem para a evasão escolar do Técnico em Eletrotécnica do IFTM – Campus Ituiutaba. Com isso, foi possível aplicar a matriz de pesos para os alunos ingressantes no curso em 2018 e identificar alunos predispostos a evadir.

Como trabalhos futuros, sugere-se aplicar procedimentos semelhantes para outros cursos da instituição, verificando se os resultados até agora encontrados se repetem para outros alunos de cursos técnicos e graduação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro e fornecimento de bolsas.

REFERÊNCIAS

- BARROSO, M. F.; FALCÃO, E. B. M. Evasão universitária: o caso do Instituto de Física da UFRJ. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DA FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas. **Anais...** Jaboticatubas: Sociedade Brasileira de Física, 2004. p. 1- 14. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/epf/_evasaouniversitariaocaso.trabalho.pdf>. Acesso em: 10 out. 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Documento orientador para a superação da evasão e retenção na rede federal de educação profissional, científica e tecnológica**. [S.l.: s.n.], 2014, 52 p. Disponível em: <<http://r1.ufrrj.br/ctur/wp-content/uploads/2017/03/Documento-Orientador-SETEC.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2018.
- EKONOMOU, L. Greek long-term energy consumption prediction using artificial neural networks. **Energy**, v. 35, p. 512-517, 2010.
- GUTIÉRREZ, J.L.C.; ROMANEL, C. Aplicação de redes neurais na previsão de vazão através da fundação da ombreira esquerda da barragem de Corumbá-I. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS, 25., 2003 Salvador. **Anais...**, Salvador: 2003. p. 1- 14.
- HAYKIN S. **Neural networks: a comprehensive foundation**. 2 ed. New York: Macmillan College, 1994, 696p.

HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman Companhia, 2001. 900 p.

MANHÃES, L. M. B.; CRUZ, S. M. S. da; COSTA, R. J. M.; ZAVALETA, J.; ZIMBÃO, G. Identificação dos fatores que influenciam a evasão em cursos de graduação através de sistemas baseados em mineração de dados: uma abordagem quantitativa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO, 8., 2012, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2012. p. 468- 479 Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbsi/2012/0046.pdf>> . Acesso em: 10 out. 2017.

MARTINHO, V. R. C. **Sistema inteligente para predição do grupo de risco de evasão discente**. 2014. 145 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2014.

MARTINHO, V. R. C.; NUNES, C.; MINUSSI, C. R. **Predição do grupo de risco de evasão discente em cursos superiores presenciais utilizando uma rede neural Artmap-Fuzzy**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41., 2013, Gramado. **Anais...** Gramado: FADEP, 2013. p. 1-12 Disponível em: <http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/118051_1.pdf>. Acesso: 10 out. 2017.

● EDUCAÇÃO

A INTERDISCIPLINARIDADE E/OU TRANSDISCIPLINARIDADE NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

Marcia Maria de Azeredo Coutinho¹, Robson Gonçalves Félix^{2}*

RESUMO: Este artigo apresenta estudo de caso de uma proposta de planejamento de intervenção interdisciplinar e/ou transdisciplinar para alunos do ensino técnico integrado ao ensino médio. A metodologia adotada consistiu em pesquisa-ação, utilizando-se a revisão de literatura e o debate dialógico entre professores de diferentes áreas do conhecimento como subsídio para o planejamento e intervenção da proposta em uma escola pública da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica. Os procedimentos e análises realizados apontam que o trabalho pedagógico comprometido com a promoção de aprendizagens significativas e contextualizadas se ampara na necessidade e possibilidade concreta de construção do conhecimento sob o alicerce do trabalho coletivo. O trabalho inter e/ou transdisciplinar ainda se apresenta, de forma significativa, como meta e desafio nos sistemas e espaços educacionais, entre eles, a sala de aula. Ao sustentar a não fragmentação do saber, tal estratégia precisa ser discutida e evidenciada por profissionais da educação, bem como por todos da comunidade escolar. O presente relato ainda sugere a necessidade de sistematização e análise das iniciativas de planejamento e trabalho interdisciplinar e transdisciplinar em andamento no país, a fim de identificar as experiências na constituição e compreensão holística da realidade, rumo a um conhecimento que transcenda as barreiras das unidades curriculares e contribua para a formação integral do aluno.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade. Transdisciplinaridade. Planejamento pedagógico. Educação.

THE INTERDISCIPLINARITY AND/OR TRANSDISCIPLINARITY IN EDUCATION

ABSTRACT: This paper aims at presenting a case report of two inter/transdisciplinary planning proposals for students who are in high school courses which are integrated to technical teaching. The methodology used consists in action-research based on literature review and dialogical debate among teachers from different fields of knowledge as support for the planning and intervention of the proposal in a public school of the Federal Network of Professional and Technological Education. Later, the planning experience of the proposals was described and analyzed. The procedures and analysis carried out show that a pedagogical approach which is committed to promoting meaningful and contextualized learning has its roots in the concrete necessity and possibility of knowledge building on the basis of collective work. The inter/transdisciplinary approach is still a goal and a challenge for educational systems and among them, the classroom. Since it does not support knowledge fragmentation, it needs to be discussed and highlighted by educators, as well as by the whole school community. This report also suggests the necessity of systematizing and analyzing possible initiatives for planning inter/transdisciplinary approaches in the country, so that it can be possible to identify the experiences with the constitution and holistic comprehension of reality, towards knowledge that moves beyond the school program barriers and can contribute to the whole formation of students.

Keywords: Interdisciplinarity. Transdisciplinarity. Pedagogical planning. Education.

* Autor correspondente - robson.felix@ifms.edu.br

1 Mestra em Educação. Secretaria Municipal de Educação. Campo Grande - MS. Brasil. E-mail: coutinho_ef@yahoo.com.br

2 Doutor em Educação. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS), Campo Grande - MS. Brasil. E-mail: robson.felix@ifms.edu.br

INTRODUÇÃO

Pensar em educação, especificamente no ato de ensinar, é refletir diariamente a prática pedagógica, construindo caminhos que levam a outros caminhos. Tais práticas colaboram para que os alunos construam uma aprendizagem significativa, a qual se conecta com os diversos conteúdos e conhecimentos.

Na história da educação, a racionalidade cartesiana influencia os caminhos do processo ensino-aprendizagem desde o século XVII, subsidiada na proposição de que o pensamento e os problemas devem ser decompostos para serem devidamente analisados e explicados (MORAES, 2002).

Segundo Thiesen (2008), a interdisciplinaridade propõe outra abordagem diante da perspectiva tradicional de transmissão do saber. Trata-se de reconhecer que o conhecimento desenvolvido com os alunos precisa ser mediado pelo professor a partir de uma visão integrada e contextualizada da realidade.

Já a transdisciplinaridade busca maior integração entre as disciplinas, um ir além do interdisciplinar. Subsidiada na compreensão de que não existem fronteiras imutáveis para cada coisa, mas um contexto amplo de interpretação holística dos fatos e fenômenos, consoante às necessidades e origens culturais de cada aluno, assim como aos diversos contextos nos quais se inserem, e dos quais são, ao mesmo tempo, produtos e produtores (CARLOS, 2007).

Ao intensificar o diálogo com toda a comunidade escolar, o trabalho pedagógico se aproxima da produção do currículo subsidiado por ações interdisciplinares e/ou transdisciplinares, por meio de uma proposta de educação em que os conteúdos tenham sentidos e significados, e permitam a formação de múltiplas relações conceituais a partir de objetivos e metas previamente estabelecidos no processo de planejamento.

Nesse contexto o presente trabalho relata uma experiência de planejamento coletivo interdisciplinar e/ou transdisciplinar em uma escola pública da Rede Federal de Ensino, e discute a necessidade e possibilidade da escola, enquanto produtora de conhecimento, desenvolver ações interdisciplinares e/ou transdisciplinares por meio da construção de um planejamento escolar em que todos, professores, supervisão, família, coordenação e alunos, possam participar.

MATERIAL E MÉTODOS

Na busca de realização de uma proposta de plano de ensino com características interdisciplinares reuniram-se, no período de planejamento escolar, três professores das seguintes áreas: Educação Física, Mecânica e Eletrotécnica.

Nesses encontros foram discutidos os possíveis temas que poderiam ser trabalhados interdisciplinarmente. Em um segundo momento os professores apresentaram os conteúdos das disciplinas que ministravam: Educação Física, Eletricidade e Mecânica I.

Posteriormente foi discutido e eleito como objeto de interligação entre as disciplinas a temática: “as articulações do corpo humano e suas mediações com elementos de máquinas e eletricidade aplicada”.

Partiu-se do pressuposto de que essa temática se relaciona e conduz a uma aprendizagem interdisciplinar e/ou transdisciplinar, contribuindo para uma compreensão ampliada da realidade.

Além dos encontros e debates entre os professores, foram realizadas diversas pesquisas em livros tais como Bear (2008), Hall (2013), Kandel *et al.* (2014), e artigos que pudessem apoiar alunos e professores.

A metodologia utilizada para esse trabalho foi a pesquisa-ação. A pesquisa-ação pode ser definida como:

[...] um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes [...] estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 1985, p.14 *apud* GIL, 2008, p. 55).

Tal metodologia foi escolhida por permitir tanto a reflexão, intervenção, monitoramento e aprimoramento de uma determinada realidade e suas respectivas problemáticas com a participação ativa dos pesquisadores no contexto de estudo (TRIPP, 2005).

As técnicas de investigação utilizadas incluíram a revisão bibliográfica e a ação dialógica entre professores das unidades curriculares envolvidas, as quais tiveram como resultante a elaboração de um plano de ensino, conforme descrito a seguir.

A partir da compreensão acerca dos benefícios decorrentes de práticas interdisciplinares e/ou transdisciplinares para a formação holística dos sujeitos, e a fim de discutir a histórica e solidificada fragmentação do conhecimento no interior da escola básica (NASCIMENTO; SOUZA, 2014), foi desenvolvida a proposta de experiência de planejamento coletivo entre as áreas de Educação Física, Engenharia Elétrica e Mecânica, que possuíam atuação simultânea em um curso técnico integrado ao ensino médio de uma escola pública da Rede Federal de Ensino situada no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

O plano de ensino proposto buscou em sua construção itens como objetivo geral, objetivos específicos, os conteúdos abordados, problematização, instrumentalização e avaliação, explicitados a seguir.

O objetivo geral do plano de ensino consistiu em investigar as possibilidades da construção de atividades interdisciplinares e/ou transdisciplinares entre a Educação Física, a Mecânica e a Eletrotécnica, três áreas do conhecimento que, apesar de integrarem um mesmo currículo, não se interagiam.

Os objetivos específicos da proposta se propuseram a instrumentalizar os professores das diferentes disciplinas quanto às possibilidades de trabalho interdisciplinar e/ou transdisciplinar envolvendo Educação Física, Mecânica e Eletrotécnica.

Como proposta de abordagens de conteúdos que tivessem uma identificação entre as disciplinas selecionadas foram definidos os seguintes temas: exercício físico e artrose; noções básicas de eletricidade: corrente elétrica, tensão e impedância; elementos de máquinas: articulações, lubrificação e desgaste.

No planejamento didático-pedagógico partiu-se do pressuposto de que as máquinas criadas pelos homens muitas vezes buscam inspiração no corpo humano e em sua complexa dinâmica de interação e funcionamento, visando alcançar maior eficiência e eficácia. No entanto, seja biológica ou não, ambos demandam cuidados, ajustes, manutenção e reparação em seu ciclo de operação. Diante de tais reflexões, as aproximações e distanciamentos entre o corpo humano e as máquinas desenvolvidas pelos homens apresentaram-se como temas férteis para a abordagem proposta pelos professores junto aos alunos.

Diversas possibilidades de aproximações conceituais entre o corpo humano e as máquinas foram vislumbradas a partir dos diálogos realizados entre os professores das diferentes áreas de conhecimento, a exemplo da estrutura muscular, óssea e articular que compõem o corpo humano em comparação com as molas, vigas, cabos, rolamentos, correias, polias e engrenagens das máquinas, que dentro de suas particularidades ajudam a manter a estabilidade e o equilíbrio funcional dos movimentos e ações.

No debate realizado entre os professores para analisar o funcionamento das articulações do corpo humano quando comparados com as engrenagens das máquinas, concluiu-se pela demanda comum de lubrificantes para evitar o desgaste e ampliar o tempo de uso. Assim, enquanto nas articulações do corpo humano o líquido sinovial funciona como um lubrificante que nutre a cartilagem articular e evita o desgaste da mesma (KANDEL *et al.*, 2014), os lubrificantes e óleos utilizados nas máquinas ajudam a promover maior sobrevivência de funcionamento dos componentes, com menor desgaste.

Entendemos que a partir desses pressupostos, a compreensão do conteúdo abordado, bem como os conceitos relacionados à temática aconteceria de forma dinâmica, sólida e interdisciplinar e/ou transdisciplinar.

Ocorrida a definição dos objetivos e dos conteúdos, foram propostos os seguintes tópicos para serem trabalhados com os alunos: “doenças degenerativas: artrose”¹; “elementos de máquinas”² e lubrificação³”;

1 Segundo Camanho (2001), a artrose é “uma doença de caráter inflamatório e degenerativo que provoca a destruição da cartilagem articular e leva a uma deformidade da articulação” (p. 135).

2 Na área de mecânica o termo “elementos de máquinas” refere-se aos componentes mecânicos básicos usados como blocos da maioria dos dispositivos que utilizam energia e trabalho para atingir um objetivo predeterminado (CLIFFORD, 2005, p. 246).

3 “O atrito tem grande influência na vida humana, ora agindo a favor, ora contra. No primeiro caso, por exemplo, possibilitando o simples caminhar. O segundo preocupa-nos mais de perto e tudo tem sido feito para minimizar esta força. O menor atrito que existe é dos gases, vindo a seguir o dos fluidos e, por fim, o dos sólidos. Como o atrito fluido é sempre menor que o atrito sólido, a lubrificação consiste na interposição de uma substância fluida entre duas superfícies, evitando, assim, o contato sólido com sólido, e produzindo o atrito fluido” (ANDRADE; HORTA, 1997, p. 5).

“análise de sinais elétricos (tensão/corrente)”⁴.

No momento seguinte, os professores realizaram análise diagnóstica, por meio de um questionário estruturado, com a finalidade de identificar a vivência cotidiana do conteúdo e o entendimento prévio dos estudantes quanto aos conceitos sugeridos. Em seguida, os professores apresentaram aos alunos o conteúdo a ser abordado, com seus objetivos e procedimentos.

Uma das estratégias adotadas para potencializar a participação dos estudantes foi a chuva de ideias sobre a temática proposta (*brainstorming*), por meio da qual se buscava a verbalização e contextualização de fragmentos de concepções de forma criativa e desinibida (SELENE, 2008), a fim de desencadear a construção coletiva de um conceito abrangente que permitisse analogias e relações entre, por exemplo, trabalho e doenças degenerativas, articulações, interações, movimento e eletricidade do corpo e das máquinas.

Por conseguinte, contemplou-se a problematização do conteúdo com a discussão sobre questões relacionadas à saúde e ao trabalho. Nesse momento foram utilizadas perguntas problematizadoras sobre os temas, tais como: quais os principais problemas relacionados à prática de exercícios que interferem na manutenção ou não de articulações saudáveis? Como possibilitar que os trabalhadores permaneçam inseridos na prática regular de exercícios físicos? Isto é um problema de saúde pública? Como ocorre o desgaste nas articulações mecânicas? Qual é a função do lubrificante? Como é realizada a condução da corrente elétrica através dos músculos? Qual é a consequência da aplicação de um sinal elétrico (tensão) nos músculos? O funcionamento do corpo humano se equipara ao funcionamento de uma máquina? Quais as principais semelhanças e diferenças? Qual a contribuição desse conhecimento na formação dos estudantes dos cursos técnicos integrados ao ensino médio?

Na instrumentalização para as ações didático-pedagógicas foram sugeridos materiais e protocolos como: debates com trabalhadores e empresariado; identificação na comunidade de pessoas que adquiriram doenças degenerativas e avaliação do histórico e condições associadas a tais doenças; aulas de laboratório com a finalidade de apresentar articulações mecânicas e análise das características dos lubrificantes; visitas técnicas a clínicas de recuperação, academias de ginástica, indústrias e outras instituições de ensino, e finalização com um seminário de apresentação das observações e análises sobre a realidade vivenciada.

Como conclusão da proposta elaborou-se uma etapa de síntese, com a presença de todos os professores e estudantes, e assim a exposição de cada aluno e a mediação dos professores acerca da compreensão do tema, interligando-se as três áreas do conhecimento, com o intuito de se apreender que os mesmos princípios que regem a utilização adequada dos ossos e articula-

4 Tensão e corrente são grandezas fundamentais da eletricidade, sendo a tensão elétrica, medida em volt (V) a diferença de quantidade de cargas elétricas entre dois corpos ou pontos, e corrente elétrica, medida em Ampère (A), o movimento ordenado de elétrons entre dois corpos por meio de um condutor (GRIFFITHS, 2011).

ções no corpo humano podem ser utilizados e colaborar com a projeção, manutenção e aprimoramento mecânico e elétrico de máquinas. Dessa maneira, também os conhecimentos e estudos sobre as articulações das máquinas permitem a inter-relação com as articulações do corpo humano.

No que se refere ao componente “eletricidade”, muitas aproximações e similaridades ainda poderiam servir de motivação ao trabalho interdisciplinar e/ou transdisciplinar, tais como o estudo comparativo do comportamento da corrente elétrica no percurso através dos músculos e articulações com a corrente elétrica das máquinas, assim como a análise dos potenciais de ação e dos sinais elétricos gerados (tensões). Ao se perceber a potencialidade de analogias para a melhor compreensão de tais conceitos, a abordagem interdisciplinar e/ou transdisciplinar desses temas foi realizada nas diferentes disciplinas envolvidas na presente proposta, sendo o aprofundamento, sempre que necessário, conduzido pelas áreas com maior domínio teórico-conceitual do respectivo tema.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A interdisciplinaridade e/ou transdisciplinaridade possibilitaram não só a fecunda interlocução entre as áreas do conhecimento como também sugeriram se constituírem como estratégia importante para que as disciplinas não se restrinjam nem se cristalizem no interior de seus respectivos domínios, além de favorecer o alargamento e a flexibilização dos conhecimentos, disponibilizando-os em novos horizontes do saber.

A escola tem um papel central na organização social e na formação do indivíduo. Essa formação, nas sociedades ocidentais modernas, dá-se a partir da concepção do planejamento educacional. Pensar a educação, o ato de ensinar coletivamente, contribui para a concretização de muitas ações dentro e fora da escola. Este planejamento educacional deve favorecer, fundamentalmente, a aprendizagem (GANDIN, 1994).

A ação de planejar é importante à medida que provoca pensamentos, reflexões e norteia toda a preparação das atividades que serão desenvolvidas. A relação dialógica entre professores, estudantes e gestão escolar contribui significativamente para o sucesso do planejamento.

Como ação dotada de intencionalidades, critérios, sentidos e significados, o ato de planejar significa

[...] um processo que visa dar respostas a um problema, através do estabelecimento de fins e meios que apontem para a superação, para atingir objetivos antes previstos [...] (PADILHA, 2001, p.63).

Conclui-se, por tudo acima dito, que Permanece latente na escola pública brasileira uma educação fragmentada no seu objetivo e na realização de seu planejamento. Porém, consoante à realidade da instituição escolar objeto do presente trabalho e aos ensinamentos de Gehard e Rocha Filho (2012, p.125),

não só a estrutura educacional brasileira, mas também a atuação dos professores é responsável por essa disjunção em um processo que deveria ser uno e integrado.

É cenário comum professores de várias áreas reunirem-se para montar o seu planejamento, entretanto esses planejamentos continuam se efetivando de forma isolada, sem a almejada interdisciplinaridade. Nesse sentido Rocha Filho, Basso e Borges (2007, p.18) afirmam que “[...] os professores continuam atuando tradicionalmente por conta da política educacional, por deficiência em sua formação ou por motivos econômicos”.

Essa fragmentação e unidirecionalidade do conhecimento persistem na educação formal, já que a escola pública brasileira é historicamente sedimentada sobre o:

[...] paradigma positivista que centralizava a ação educativa em aulas expositivas em que o professor explicava o conteúdo e o aluno era um ser passivo ante o conhecimento que, definido e acabado, não era plausível de questionamentos e reconstruções (modelo cartesiano) (LEHEMBAUER, PICAWY, STEYER, WANDSCHEER, 2005, p.199).

Entre as práticas cristalizadas pelo tempo e as inovações pedagógicas vão se constituindo conflitos essenciais ao movimento histórico da educação. A própria instituição escolar, pela história recente, potencializa a associação da educação formal ao modelo cartesiano de transmissão do conhecimento (MORAES, 2002).

O saber cartesiano conduziu no Ocidente a especificidade e especialidade de um conhecimento restrito, mas que garantisse a profundidade do mesmo. O excesso de uma proposta de cientificidade trouxe consigo algumas fragilidades.

As tentativas de apropriar-se do saber e da verdade baseadas no paradigma cartesiano e reducionista trouxeram a certeza de que o conhecimento é “uma aventura incerta que comporta em si mesma, permanentemente, o risco de ilusão e de erro”. Se, a princípio, a divisão do conhecimento em disciplinas tornou o campo do saber mais especializado e restrito, criando a ilusão de uma maior cientificidade, observa-se no cenário atual que a complexidade da experiência humana não comporta mais esta aproximação sectária (MORIN, 2002, p. 90).

Mesmo quando a instituição escolar tenta manter o currículo bem delimitado nas fronteiras entre as disciplinas e seus saberes, o conflito com a transversalidade do conhecimento se faz latente nas práticas cotidianas. É no processo de questionamento da constituição dos saberes escolares que se reconhecem “situações marginalizadas de disciplinas no currículo escolar e também permite supor que tais saberes constituam objetos de luta por uma isonomia curricular” (JUNIOR; SANTIAGO; TAVARES, 2011, p. 184).

Aceitar que uma disciplina desenvolva saberes que transversalizem os seus limites tradicionalmente

reconhecidos de atuação muitas vezes soa estranho na própria comunidade na qual se realiza (BRASIL, 2002), e amplia o abismo da legitimação das disciplinas, sendo comum o reconhecimento de que:

[...] convencional e vulgarmente, na Língua Portuguesa e na Matemática, o ler, o escrever e o contar configuraram-se como o essencial na cultura escolar, sendo compreendidos, inclusive, como os conteúdos do domínio intelectual. Por outro lado, na Educação Física e na Arte, há certo menosprezo pelos seus conteúdos de ensino, inclusive por trabalharem, em alguns momentos, com os elementos do domínio corporal (JUNIOR; SANTIAGO; TAVARES, 2011, p. 186).

Pela perspectiva apontada depreende-se que o modelo educativo convencional pressupõe que as disciplinas, com seus diferentes pesos e valores, tenham pontos de convergência e contundência para o cotidiano do aluno em associação direta com sua utilidade prática para o alcance dos objetivos e valores primordiais da sociedade. Já a perspectiva de formação humana holística vai além, sugerindo ser necessário interligar disciplinas com outros saberes, e mostrar à sociedade que o conhecimento do mundo deve ultrapassar as especificidades de saberes (TONET, 2013).

As contradições existentes na organização, valorização, seleção e interação dos conteúdos e disciplinas escolares relacionam e interligam práticas e costumes sociais, reiterando que a escola é o espelho da sociedade e vice-versa. Como afirma Morin (2002, p.100), parece existir um “buraco-negro” que impede toda e qualquer possibilidade de mudança na prática curricular da escola.

[...] esse buraco negro que lhes é invisível, só seria visível se as mentes fossem reformadas. E aqui chegamos a um impasse: não se pode reformar uma instituição, sem uma prévia reforma das mentes, mas não se pode reformar as mentes, sem uma prévia reforma das instituições. Essa é uma impossibilidade lógica que produz um duplo bloqueio. Há resistências inacreditáveis a essa reforma, há um tempo, uma e dupla. A imensa máquina da educação é rígida e inflexível, fechada, burocratizada. Muitos professores estão instalados em seus hábitos e autonomia disciplinares. [...] Para eles o desafio é invisível. [...] Mas é preciso começar e o começo pode ser desviante e marginal. [...] Como sempre, a iniciativa só pode partir de uma minoria, a princípio incompreendida, às vezes perseguida. Depois a ideia é disseminada e quando se difunde, torna-se força atuante (MORIN, 2002, p.100).

Tal como apresentado pelo autor, muitas vezes o professor tentar diluir ou desmanchar esse “buraco negro”, ainda que isoladamente ou em pequenos grupos, mas se defronta com circunstâncias limitantes,

como a dificuldade de realizar o planejamento com a participação de docentes das outras áreas em função das rotinas, afazeres e horários diversificados. Os gestores, muitas vezes, concebem uma visão restrita e superficial da realidade e da prática em sala de aula, e não preveem a possibilidade desse trabalho coletivo entre as diversas áreas e disciplinas.

Não há mudança prática nem mesmo estrutural se os indivíduos não a perseguirem. A promoção de alterações curriculares significativas passa, necessariamente, pela compreensão do que vem a ser esse currículo, desde os pressupostos e interesses que determinam a seleção de conteúdo aos impactos gerados no sujeito final. A falta dessa compreensão pelos sujeitos, condicionados por um saber específico, impede-os de ir além do seu próprio campo de saber e, por conseguinte, serem agentes capacitados para a transformação.

Na perspectiva de superação desse campo específico de saber, autores como Carlos (2007) e Fazenda (1994) discutem o conceito da interdisciplinaridade. Ainda que persista atualmente uma dicotomia relacionada à compreensão do termo interdisciplinar e/ou da interdisciplinaridade, esta dicotomia muitas vezes acontece ora por uma trajetória histórica construída sobre a relação entre um conhecimento e o seu aprendiz de forma estática e linear, ora por uma definição que emerge além de uma visão fragmentada do conhecimento, que entende a ação interdisciplinar como um ato de fecundação, um ato intradisciplinar entre as mais diversas áreas do conhecimento.

O trabalho interdisciplinar, como observa Frigotto (1992), não se efetivará se não for possível transcender a fragmentação. Mesmo entendida a necessidade de transcendê-la, o convívio democrático e plural, necessário em qualquer espaço humano, não implica junção artificial, burocrática e falsa de indivíduos que objetivamente se situam em concepções teóricas, ideológicas e políticas diversas. A diluição forçada do conflito e da diversidade não colabora para o avanço do conhecimento nem para a prática democrática (COUTO, 2011, p.12).

A educação fragmentada dificulta ao aluno visualizar a realidade como uma totalidade complexa e com múltiplas determinações, impedindo-o de compreender que a educação escolar não está separada da realidade em que se insere.

Segundo Moraes (2002, p.23), em sua obra O paradigma educacional emergente, a educação requer um pensamento “[...] abrangente, multidimensional, capaz de compreender a complexidade do real e construir um conhecimento que leve em consideração essa mesma amplitude”. Entende-se então que já não comporta mais, em um contexto globalizado e globalizante, uma educação que busque fechar a disciplina, como se não fosse permeada por outros saberes.

Para Gibbons (1997), a interdisciplinaridade propõe a superação de uma visão fragmentada do

conhecimento, uma proposta que contribui para novas formas de organização, difusão e transferência do conhecimento, o que seria colocar em prática um conhecimento que se pensa isolado para um conhecimento que seja poroso, aderente e comum a outros campos de saberes.

Neste sentido, Thiesen (2008) relata que:

A interdisciplinaridade, como um movimento contemporâneo que emerge na perspectiva da dialogicidade e da integração das ciências e do conhecimento, vem buscando romper com o caráter de hiperespecialização e com a fragmentação dos saberes (p. 546).

O movimento de promoção do diálogo e da integração vai de encontro à fragmentação e delimitação do saber a campos específicos. Em oposição à individualização, à hiperespecialização do conhecimento e à fragmentação dos saberes no contexto social amplo se situam as diversas iniciativas de interdisciplinaridade na escola.

Irromper um suposto saber autônomo constitui-se no desafio permanente da educação. Nesse sentido, o que se quer vai além de um simples ato de cooperação, rumo a um pensar e agir que se traduza na produção de novos conhecimentos transversalizados por todos, e não só cooperados por todos. É nesse sentido que:

[...] a transdisciplinaridade, conforme indica o prefixo “trans”, envolve aquilo que está ao mesmo tempo entre as disciplinas, através das diferentes disciplinas e além de toda e qualquer disciplina. Sua finalidade é a compreensão do mundo atual, para a qual um dos imperativos é a unidade do conhecimento (NICOLESCU, 2014).

O transdisciplinar está para além do posto e exigido por uma dada disciplina. Não se encontra em um colocar novas disciplinas para serem rigidamente fragmentadas e compactadas em si mesmas, mas atingir o além fronteira disciplinar, multidisciplinar e interdisciplinar e assim “rompa os muros da escola” e permita pensar num currículo que transcenda a mera reprodução de saberes, para uma produção de saberes entre conteúdos afins e vivenciados nos afazeres cotidiano do aluno (COSTA, 2000).

A transdisciplinaridade supõe agir sobre os saberes que produzimos, atuando sobre os valores que os mantém, o modo de praticá-los, questionando as novas competências individuais e coletivas. Faz retornar as marcas profundas que a história legou, utilizando este aprendizado como experiência essencial na reorientação de novas ações e de uma nova ética. Consiste, portanto, no exercício crítico em que concorrem pensamentos, ações, experiências, diferenças, valores (RODRIGUES, 2000).

Pela ação transdisciplinar busca-se fazer o aluno perceber que a construção de visão de mundo não é possível a uma disciplina isoladamente. Que não há

saber amplo se este não for realizado abrangendo outras disciplinas de modo interligado. Assim, seja na trans e/ou interdisciplinaridade, é pela contextualização da aprendizagem que se reitera não haver saber significativo se o aprendiz não conseguir, com estas experiências, fazer a conexão com sua realidade de vida (BRASIL, 1998, p.50).

É compreensível que restaurar o pensamento tradicional de educar e de educação multidisciplinar, assim como interdisciplinar, exige um esforço não só curricular, mas de quebra de paradigmas e significados que foram solidificados pelo processo histórico (BAUMAN, 2007).

Ainda que a presente proposta tenha se limitado ao estágio inicial de planejamento, foi possível depreender que a interdisciplinaridade e/ou transdisciplinaridade podem contribuir para uma nova articulação do conhecimento, à medida que produzirão novos modos de pensar quando relacionarem os diversos conteúdos. Esta interação de conteúdos não pode ser vista como hermética, ou invariável, mas adequada, móvel e revista em conformidade com o tempo e o espaço escolar.

A proposta de planejamento discutida evidenciou a necessidade de que a escola, enquanto espaço de reprodução, produção e transformação de conhecimento, busque ações interdisciplinares e/ou transdisciplinares por meio da construção de um planejamento escolar, no qual não apenas professores, mas também supervisão, família, coordenação e alunos, possam participar, sugerindo que novas estratégias com esse perfil se tornem alvo de futuras investigações, rumo a um movimento de transformação social.

O contexto capitalista de educação induz no aprendiz uma aversão à inter/trans-disciplinaridade, voltando o indivíduo ao atendimento dos interesses do mercado. Frigotto (1989) chega a mencionar que já não há uma busca por um sujeito humanizado, mas por um capital humano. A escola, especialmente no contexto da formação técnica integrada, possui papel central nesse debate, uma vez que incorpora em seu interior não apenas a proposta explícita do currículo, mas também as expectativas sociais de formação de um sujeito que também se reconheça com a identidade e diversidade cultural.

A formação humana para o mundo do trabalho, mesmo que também aconteça por meio da formação técnica e profissional, deve ser permeada por uma educação “[...] que alie cultura e produção, ciência e técnica, atividades intelectual e atividade manual; que seja fundada nos processos educativos da prática social [...]” (OLIVEIRA, 2000, p. 43). Desta forma, escola e trabalho podem ser compreendidos como espaços onde a prática pedagógica e o fazer no trabalho estão intrinsecamente relacionados com a formação desses sujeitos de forma globalizante.

Mesmo considerando o atual contexto de uma sociedade globalizada, como afirma Hall (2006), os sujeitos apresentam uma identidade fragmentada, o que requer que o contexto social não seja rigidamente

tolhido por conceitos únicos. A unicidade não dá mais conta do sujeito moderno, ou pós-moderno, da mesma forma que um saber em partes isoladas não garante uma educação que transcenda/ transversalize.

CONCLUSÕES

Ao manter o modelo de divisão disciplinar, a educação formal sustenta a fragmentação e simplificação do conhecimento, o que compromete a capacidade de contextualização e a possibilidade de aprendizagem significativa por parte dos estudantes (MORIN, 2000).

Ainda assim a complexidade do real se mantém latente. Esse contexto, aliado à iniciativa dialógica e à inquietação de professores de diferentes áreas do conhecimento, permitiu que emergisse e se materializasse a experiência aqui relatada.

Como nas redes de ensino se consolidam contextos e cenários diversos, depreende-se que também em situações pouco propícias, quando professores planejam suas aulas de maneira isolada ou quando as políticas educacionais, a gestão administrativa e pedagógica ou a comunidade não participam desse planejamento em si, o germe das práticas inovadoras persiste, e as mesmas ainda são possíveis a partir de pequenas ações.

A proposta apresentada de planejamento inter e/ou transdisciplinar permite concluir que a formação dos sujeitos deve ser preenchida de significados que ultrapassem os muros da escola, especialmente porque fora da escola outras identidades serão tocadas e reestruturadas a partir do conhecimento construído, a exemplo da inserção desses sujeitos no mundo do trabalho.

É necessário que a ação de planejar implique na sistematização formal, ampliada, dialógica e diversificada do processo de formação e aprendizagem, o que contribuirá para o avanço nas discussões e efetivação de abordagens inter e/ou transdisciplinares. Dessa forma, conhecimentos que hora pertenciam e ficavam circunscritos ao domínio de certas disciplinas podem aceder a outras áreas de conhecimento, na tentativa de compreender a realidade que se quer estudar e intervir, rumo à produção e transformação do saber em toda a sua totalidade.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L.C.M.; HORTA, M.D.M. **Mecânica**: lubrificação. Vitória, ES: Senai, 1997.
- BAUMAN, Z. **Tempo Líquidos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2007.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Ensino Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: educação física. Brasília: MEC/SEE, 1997. v. 7.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio**. Brasília: MEC/CNE, 1998.
- CARLOS, J. G. **Interdisciplinaridade no ensino médio**: desafios e potencialidades. Brasília, DF, 2007. 171f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, 2007.
- CAMANHO, G. L. Tratamento da Osteoartrose do Joelho. In: **Revista Brasileira de Ortopedia**, São Paulo, v. 36, n. 5, mai. 2001.
- CLIFFORD, M. **ASME engineer's data book**. 2. ed. New York: ASME Press, 2005.
- COSTA, M. V. (org.). **Estudos culturais em educação**: mídia, arquitetura, brinquedo, biologia, literatura, cinema. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.
- COUTO, R. M. de S. Fragmentação do conhecimento ou interdisciplinaridade: ainda um dilema contemporâneo? **Revista Faac**, Bauru/SP, v. 1, n. 1, p. 11-19, abr/set, 2011.
- FAZENDA, I.C.A. **Interdisciplinaridade**: história, teoria e pesquisa. Campinas, São Paulo: Papirus, 1994.
- FRIGOTTO, G. A interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais. In: JANTSCH, A. P.; BIANCHETTI, L. (Orgs.). **Interdisciplinaridade**: para além da filosofia do sujeito. Petrópolis: Vozes, 1995.
- FRIGOTTO, G. **A produtividade da escola improdutiva**. 3. ed., São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1989.
- GANDIN, D. **A prática do planejamento participativo**: na educação e em outras instituições, grupos e movimentos dos campos cultural, social, político, religioso e governamental. Petrópolis: Vozes, 1994.
- GEHARD, A.C.; ROCHA FILHO, J.B. A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola de ensino médio. **Investigação do Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 125-145, mar. 2012.
- GIBBONS, M. et al. **La nueva producción del conocimiento**: la dinámica de la ciencia y la investigación em las sociedades contemporáneas. Barcelona: Pomares-Corredor, 1997.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed., São Paulo: Atlas, 2008.
- GRIFFITHS, D.J. **Eletrodinâmica**. 3. ed., São Paulo: Pearson, 2011.
- HALL, S. **A identidade cultural na pós-modernidade**. 11. ed., Rio de Janeiro: DP&A, 2006.

- JÚNIOR, M. S.; SANTIAGO, E.; TAVARES, M. Currículo e saberes escolares: ambiguidades, dúvidas e conflitos. **Pro-Posições**, Campinas, v. 22, n. 1 (64), p. 183-196, jan./abr. 2011.
- KANDEL, E. R. et al. **Princípios de Neurociências**. 5. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill / Grupo A, 2014.
- LEHEMBAUER, S. et al. **O ensino fundamental no Século XXI**: questões e desafios. RS: Ulbra, 2005.
- MORAES, M. C. **O paradigma educacional emergente**. São Paulo: Papirus, 2002.
- MORIN, Edgar. **A Inteligência da complexidade**. São Paulo: Peirópolis, 2000.
- _____. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2002.
- NASCIMENTO, G. S.; SOUZA, M. E. S. Uma visão holística da educação: da fragmentação à totalidade. *In: Interletras*, Dourados, MS, v. 3, n. 19, abr.-set. 2014, p. 1-11.
- NICOLESCU, B. **Reformada educação e pensamento: complexidade e transdisciplinaridade**. Trad. Paulo dos Santos Ferreira. [S. l. : s.n., 199?]. Disponível em: <http://www.agal-gz.org/portugaliza/num06/Barasab_Niculescu_Reforma_da_educacao_e_do_pensamento_complexidade_e_transdisciplinaridade.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2014.
- OLIVEIRA, M. R. N. S. Mudanças no mundo do trabalho: acertos e desacertos na proposta curricular para o Ensino Médio (Resolução CNE 03/98). Diferenças entre formação técnica e formação tecnológica. **Revista Educação & Sociedade**, Campinas, ano XXI, n. 70, p. 40-62, abr. 2000.
- PADILHA, P. R. **Planejamento Dialógico**: como construir o projeto político pedagógico da escola. São Paulo: Cortez, 2001.
- ROCHA FILHO, J. B.; BASSO, N. R. S.; BORGES, R. M. R. **Transdisciplinaridade**: a natureza íntima da educação científica. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
- RODRIGUES, M. L. Caminhos da transdisciplinaridade: fugindo a injunções lineares. **Revista Serviço Social & Sociedade**, São Paulo, n. 64, ano XXI, nov. 2000.
- SELENE, R.; STADLER, H. **Controle da qualidade**: as ferramentas essenciais. Curitiba: Ibpx, 2008.
- THIESEN, J. da S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 39, p. 545 – 554, set/dez. 2008.
- TONET, I. Interdisciplinaridade, formação humana e emancipação humana. **Revista Serviço Social & Sociedade**, São Paulo, n. 116, p. 725 – 742, out/dez. 2013.
- TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005.

● EDUCAÇÃO

EMPREGO DE TECNOLOGIA NAS PRÁTICAS EDUCATIVAS: UMA REVISÃO HISTÓRICA DE VANNEVAR BUSH A PIERRE LÉVY

Renato Kraide Soffner¹

RESUMO: Apresenta-se, neste texto, uma revisão histórica das ideias e invenções tecnológicas recentes de potencial aplicação aos processos educativos. Tal revisão é importante por mostrar a evolução das ideias pertinentes ao tema, pois o “bom senso pragmático” característico do assunto, no qual as experiências são, muitas vezes, apresentadas sem qualquer fundamentação teórico-metodológica, precisa ser identificado e evitado quando da análise histórica conduzida. Os esforços passados, frutos do trabalho criativo e inovador de autores já preocupados com a aplicação cognitiva das tecnologias, podem e devem servir de base para a geração de cenários futuros e análise de tendências tecnológicas, num momento em que a difusão e o acesso a recursos de tecnologias de informação e comunicação tornam-se ubíquos. O que se observa, no entanto, após a realização da análise histórica do tema, é que ainda precisamos de um embasamento teórico-pedagógico, para garantir a eficaz aplicação da tecnologia à educação, já que uma contínua confusão entre meios e fins, historicamente observada, ainda permeia o assunto.

Palavras-chave: Tecnologia. Práticas educativas. Análise histórica.

USE OF TECHNOLOGY IN EDUCATIONAL PRACTICES: A HISTORICAL REVIEW FROM VANNEVAR BUSH TO PIERRE LÉVY

ABSTRACT: This work presents a wide historical review of the design and creation of technological inventions applicable to educational processes. Such review is important for showing the ideas evolution related to the topic as long as the “pragmatic good common sense”, a characteristic of the subject where the experiments are often presented without any theoretical and methodological basis, needs to be identified and avoided when the historical analysis is carried out. Last efforts, fruit of authors’ creative and innovative work already concerned about the cognitive application of such technologies can and should serve as a basis for the future generation scenarios and the analysis of technological trends at a time when the diffusion and access to resources of information and communication technologies become ubiquitous. It is observed, however, by the completion of the historical analysis of the theme that we still need a theoretical foundation to ensure the effective pedagogical application of technology to education, as long as a continuous confusion between means and ends, historically observed, is still pervading the subject.

Keywords: Technology. Educational practices. Historical analysis.

¹ Doutor em Educação. Professor do Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL), Americana, SP. Brasil. renato.soffner@am.unisal.br

INTRODUÇÃO

Dos grandes temas que afetam a análise de resultados efetivos das questões educativas, do ponto de vista do processo histórico, podem-se mencionar a utilização e o emprego da tecnologia na educação. Assunto polêmico, e sempre discutido com ares de confronto entre defensores e críticos, demarca a sonhada contribuição que os recursos tecnológicos deveriam trazer aos processos educativos e pedagógicos, notadamente aqueles relacionados ao desenvolvimento cognitivo dos aprendentes. A educação pode, no entanto, ser beneficiária deste novo momento da história humana, se puder se valer das tecnologias de informação e comunicação, já disponíveis, para a concepção e implementação de um novo modelo pedagógico, que privilegia a conversão de informação em conhecimento, além de suportar o desenvolvimento de competências e de potencial humano. É o que se pretende mostrar, num enfoque de análise histórica, neste trabalho.

A educação, porém, é sempre difícil de definir. Saviani (2009) conclui que a dificuldade do assunto é devida não apenas às transformações na área, mas também em razão de sua própria natureza, dada a relação da educação com a realidade humana. Já a tecnologia pode ser definida de várias formas, desde sua relação com a *techné* grega, até a visão moderna de ciência aplicada, ou de ampliação das capacidades humanas (SOFFNER, 2005).

Para os propósitos deste trabalho, foi conduzida revisão histórica das iniciativas de autores que defenderam o emprego da tecnologia como suporte ao desenvolvimento cognitivo, desde o pioneirismo de Vannevar Bush (NYCE & KAHN, 1991) em aparatos tecnológicos de tratamento da informação - associados a modelos de pensamento e cognição, até a moderna concepção de *tecnologias da inteligência* de Pierre Lévy (LÉVY, 1993)¹. A despeito da relação de autores aqui apresentada, gostaríamos de citar também o papel fundamental de Tim Berners-Lee, Norbert Wiener, Roy Ascott e Richard Bolt nos desenvolvimentos aqui propostos. Berners-Lee foi o criador da rede de hipertextos que hoje guia a Internet, no protocolo HTTP e demais recursos. Wiener foi o criador da Cibernética, a teoria do controle da máquina e do ser humano pela informação. Richard Bolt foi um dos fundadores da empresa inovadora Bolt, Beranek and Newman, que participou da construção da ARPANET (antecessora da Internet). Roy Ascott trabalhou com cibernética e telemática, estudando o impacto das redes digitais nos processos de consciência.

Revisão histórica

O engenheiro, professor e pesquisador americano Vannevar Bush (1890-1974), do Instituto de Tecnologia de Massachusetts - MIT, foi um visionário (SOFFNER, 2005). Publicou diversos trabalhos onde propunha tecnologias capazes de melhorar processos mecânicos e humanos.

¹ *Tecnologias da Inteligência* são aquelas que contribuem para o desenvolvimento cognitivo do aprendente, se aplicadas a um contexto educativo.

Teve visões de um futuro promissor em relação ao emprego efetivo dos produtos da descoberta científica, o que habitualmente se chama de *tecnologia*.^{2,3}

Para Bush, a tecnologia seria empregada no *pensar inteligente*, que conduz ao *agir inteligente*, que é fruto, por sua vez, da *decisão inteligente*. Imagina, em 1945, um dispositivo de importância, especialmente para a educação: o *Memex* (Extensor da Memória), onde se poderia registrar, acompanhar e até mesmo visualizar todo o processo de construção do pensamento na mente do indivíduo. Era uma entidade mecânica que poderia ser modelada a partir de processos característicos dos seres humanos, uma máquina teórica que ligaria a informação mundial da mesma forma associativa que a mente humana o faz. Esta é uma analogia para as redes globais que temos hoje disponíveis, e que seriam, pelos parâmetros de Bush, a efetivação da *revolução da informação*. Sua motivação principal, ao criar imaginariamente tal dispositivo, era justamente o tratamento eficaz da informação disponível.⁴

No artigo *As We May Think*, publicado na revista *Atlantic Monthly*, ele alerta para um novo relacionamento entre o homem pensador e a soma do conhecimento. Nesta época, final da Segunda Guerra Mundial, e a pedido do governo dos Estados Unidos, escreveu um relatório sobre possíveis encaminhamentos das atividades de pesquisa e desenvolvimento, aplicadas naquele momento ao esforço bélico. No artigo, Bush propõe a construção do dispositivo chamado *Memex* (**MEMOREX**, em oposição a **INDEX**, ou **MEMory Extensor**)⁵, que relaciona diversas fontes de material bibliográfico, acrescidas de comentários pessoais, que podem ser recuperados sempre que desejado. Bush buscava uma forma automática de resolver o problema dos *papers* científicos publicados em série, já na época excessivamente numerosos, e desprovidos de método eficaz de recuperação da informação ali armazenada.

Waldrop (2001) credita a Bush as seguintes palavras,

[...] em qualquer caso, uma vez que o usuário do Memex tenha criado uma trilha associativa⁶, ele pode copiá-la e compartilhá-la com outras pessoas. Isto significa que a construção de trilhas se tornaria rapidamente um empreendimento comunitário, que produziria no tempo uma rede vasta⁷, cruzada e sempre em expansão de todo o conhecimento humano.

² No trabalho *The Inscrutable Thirties* Bush imagina o que será comentado dos anos 30 décadas depois; uma forma irônica e sutil de criticar o modo de vida "moderno" da década de 30, época em que estava em plena atividade acadêmica e intelectual. O artigo foi publicado no *MIT Technology Review* de janeiro de 1933.

³ Na apresentação do livro *Science Is Not Enough*, de Vannevar Bush, James Conant diz que *Bush não é apenas envolvido em fazer as coisas funcionarem, mas também em fazê-las funcionar a fim de melhorar a humanidade*.

⁴ Biografia recente de Vannevar Bush é a obra de Pascal Zachary - **Endless frontier - Vannevar Bush, engineer of the american century**. Cambridge: MIT Press, 1999. 518 p.

⁵ Existem várias interpretações para o nome *Memex*, já que Bush não definiu, exatamente, o significado da sigla.

⁶ Visão premonitória do que chamaremos de *Hipertexto* anos depois.

⁷ Visão premonitória do que chamaremos de *World Wide Web* anos depois.

Nota-se em Bush a percepção do poder das redes associativas. Mas o que realmente chama a atenção é a própria definição de *Memex* dada por Bush: *um auxílio à memória*. Como o cérebro, o *Memex* arquivaria material por associação. Um apertar de tecla o faria percorrer uma *trilha* de fatos pré-estabelecida.

Na época, o mecanismo de recuperação de informações era baseado em sistemas manuais de indexação por palavras-chave. Se tivéssemos um mecanismo para registrar associações, seria mais natural recuperar informações já consultadas no passado não mais com ajuda de índices, mas através de associações estabelecidas na ocasião. Um estudo sobre algum tema envolve a consulta a diversas obras e a pessoa que realiza tal estudo estabelece naturalmente associações entre fragmentos das obras consultadas. Registrar tais associações permite uma rápida recuperação das informações quando tal se fizer necessário, meses ou anos depois. Bush afirma que

[...] a mente humana não trabalha desta forma. Ela opera por associação. Com um item em seu poder, ela passa instantaneamente para o próximo que é sugerido pela associação de pensamentos, de acordo com uma complexa rede de ligações mantida pelas células do cérebro (*apud* NYCE & KAHN, 1991).

A evolução das ideias hipertextuais do *Memex* foi contínua, pois no primeiro artigo de 1945 o autor imaginou trilhas fixas e permanentes; já em 1967, Bush prevê que o *Memex* deveria refinar e explorar novas trilhas, numa atitude visivelmente ativa e menos passiva; e finalmente, em 1970, Bush atinge o conceito de sistema adaptativo (*Adaptive Memex*), onde o *Memex* dará ênfase às trilhas mais utilizadas, lembrando claramente o que as pesquisas em neurobiologia apresentavam, já na época, quando se referiam às memórias de curto e longo prazo. Os mecanismos de busca da *Web* moderna também utilizam este recurso para dar prioridade de acesso às páginas mais consultadas.

O próprio Bush volta a discutir o *Memex* em dois outros artigos (NYCE & KAHN, 1991), onde faz uma atualização de ideias baseada nas recentes descobertas tecnológicas, como o transistor e os mecanismos de gravação magnética. Adentra, também, o campo novo das Ciências Cognitivas, algo que sem dúvida ficou obscuro no primeiro artigo de 1945. Ele imagina máquinas conectadas por fios de telefone, mais uma vez demonstrando sua inventividade.

Parece-nos que esta concepção de máquina inteligente de Bush ainda não foi construída. Continuamos seguindo o nosso credo binário e digital ditado pela Inteligência Artificial e seus seguidores. Não é difícil entender a repulsa de Bush pelos modismos gerados pelo mundo digital, já em sua época: a ideia de que as máquinas digitais seriam a cura para todos os nossos males do nosso tempo. É exatamente esta a crítica maior que encontramos nos dias de hoje, em relação ao emprego da tecnologia na educação.

Um estudioso de tecnologia influenciado por Bush, Douglas Engelbart tomou conhecimento das ideias do *Memex* logo após a publicação do artigo em 1945. A leitura do texto provocou-lhe inquietação, gerando a visão de uma ferramenta baseada em computador que pudesse aumentar o intelecto humano, melhorando, desta forma, nossa habilidade de resolver problemas e atingir metas, tanto individual como socialmente. Uma tecnologia de ação na nossa inteligência, portanto uma *tecnologia da inteligência*.

Engelbart viu, também, a necessidade de meios para que a humanidade trabalhasse de forma conjunta para desenvolver soluções para problemas de longo prazo. Queria, de fato, contribuir com algo de valor para a sociedade humana como um todo. Estas soluções, a serem criadas pelas pessoas, poderiam ser mediadas por computadores. Estes, nesta época, eram gigantes que ocupavam salas inteiras, e não dispunham de telas de visualização, como o radar. Eram aplicados em processamento de números, cálculos repetitivos, devido à sua eficiência em trabalhar neste campo.

Engelbart quis ver a razão instrumental na direção do humano, possibilitando a inserção do epistemológico no manejo dos instrumentos. A relação entre a *techné* e o *logos*. O conhecimento seria, então, a organização sistemática da informação e dos conceitos (ENGELBART, 1973). Imaginou que o desenvolvimento e emprego de novos aparatos tecnológicos poderiam oferecer novas possibilidades ao desenvolvimento de novas habilidades e do incremento intelectual de uma sociedade tecnológica (ENGELBART, 1963). A tecnologia seria, deste ponto de vista, complemento capaz de expandir as capacidades humanas. Capacidades que existem, mas precisam ser incrementadas.

Pensou um mundo onde a tecnologia seria utilizada para as soluções adotadas coletivamente, globalmente. Computadores usados para o conhecimento, comunicação e comunidade, e não apenas computação e capitalismo. Aspectos do social, e não apenas o mercadológico. Aumentar o intelecto humano seria incrementar a capacidade de aproximação de problemas complexos, de obter compreensão das necessidades particulares, e de obter as soluções para tais problemas. A tecnologia incrementando a intuição e a criatividade, além da lógica e da razão. A isto Engelbart chamou de *Human Augmentation*.

Sugere-se uma aplicação potencial de tudo o que Engelbart pensou e criou, na área educacional. Segundo Brate (2002 apud SOFFNER, 2005), suas ideias dizem respeito a capacidades intelectuais ampliadas e ferramentas de interação e colaboração como meio de relação entre homens; enfim, tecnologia aplicada aos processos específicos da prática educacional. Pretendia que suas ideias fossem paradigmáticas, já que desenvolvia novas ferramentas de extensão às capacidades sensoriais, motoras e mentais do ser humano. Enxergou no computador uma ferramenta tão original quanto o arado, a clava, ou a prensa tipográfica, já que, da mesma forma que as ferramentas citadas, poderia alavancar o desenvolvimento humano e transformar sociedades.

Theodor Holm Nelson enxergou as questões de poder no domínio dos computadores já na década de 70. Apresenta em *Computer Lib*, de 1974, o computador pessoal como sinônimo de democracia, riqueza e conhecimento, ou seja, ferramentas para acesso à informação e com possibilidades de auto-publicação para qualquer pessoa, exatamente o que vemos hoje com os recursos da Internet. Na obra *Literary Machines*, de 1981, apresentou ideias sobre o poder político da estrutura de rede não-hierárquica, a que chamamos *hipertexto*. Tal termo foi por ele cunhado, significando *escrita não-linear e não-hierárquica*.

Isto nos leva a pensar na real importância da implementação da ideia de Nelson, que seriam capazes de tornar em realidade tudo o que foi apresentado sobre hipertexto e hipermídia num contexto de *Web* e de sala de aula. Nelson questionou o hipertexto que apenas *liga* textos, sem apresentar *contexto*. Pensou nos sistemas de informação hipertextual como sendo meios de cultivo de comunidades de generalistas interdisciplinares. Tal qual Bush e Engelbart, imaginou que as associações podem ser ferramentas poderosa para se modelar a informação. Computadores, desta forma, podem ser de grande utilidade para o crescimento pessoal.

Percebeu cedo que nosso pensamento não é linear nem sequencial, como Bush o afirmou décadas antes. Ideias, portanto, não precisam ser apresentadas de forma linear. Leitura linear leva, segundo Nelson, a pensamento linear. Nosso texto tradicional é limitador da capacidade de raciocínio. As ideias podem ser expressas como uma teia, inter cruzando-se.

Mesmo nos sistemas hipertextuais as ligações cruzadas que um usuário pode fazer ainda dependem de uma programação prévia. Precisamos, segundo ele, de formas mais livres de armazenagem e manipulação de informação. Mesmo o *Memex* de Bush tinha tal limitação: não trabalhava com contexto. Esta forma de armazenamento e processamento de informação aponta na direção de uma profunda revolução na maneira pela qual pensamos, analisamos, sintetizamos e expressamos a informação, e um salto para a frente em criatividade.

A coletânea de associações entre fragmentos de diversas obras complementadas por eventuais comentários resultante de um estudo sobre um particular assunto representa um novo documento (meta-documento) para uso pessoal, cujos componentes elementares consistem em fragmentos de outros documentos (documentos-base). Bush imaginava que meta-documentos já existentes sobre assuntos mais específicos pudessem ser agregados como componentes a meta-documentos sobre temas mais amplos. O *Memex* daria, portanto, suporte à construção de meta-documentos hierárquicos (NYCE & KAHN, 1991).

De acordo com Soffner (2005), Joseph Carl Robnett Licklider desenvolveu, já na década de 60, a ideia de uma rede universal de informação e comunicação, de base digital, inspirado pela sua participação em projetos de redes pioneiras. Estes conceitos acabaram influenciando a criação da própria ARPANET, antecessora da Internet.

Licklider estudou a fundo a quantidade de informação que era necessária para a realização de tarefas de coleta, ordenação, e análise de informação, e sua relação com a tomada de decisões baseadas nos dados anteriormente coletados. Este exercício teve um efeito poderoso no seu trabalho, e o convenceu de que uma das contribuições úteis de mais longo prazo da tecnologia de computadores seria o provimento de sistemas automáticos de suporte à tomada de decisão humana. Licklider rapidamente compreendeu que os computadores estavam se tornando poderosos o suficiente para suportar o tipo de trabalho que Bush tinha descrito através do *Memex*. De acordo com Brate (2002), Licklider escreveu em 1959 seu primeiro livro importante, *Libraries of the Future*, sobre como um computador pode prover uma biblioteca automática com uso remoto simultâneo por diversas pessoas através do acesso a base de dados comum.

Também percebeu que computadores interativos poderiam agregar valor como assistentes automáticos. Estas ideias foram apresentadas num artigo seminal de 1960, intitulado *Man-Computer Symbiosis*, no qual descreve um computador assistente que seria capaz de responder a perguntas, fazer modelagem e simulação, mostrar resultados de forma gráfica, e extrapolar soluções para novas situações, a partir de experiências passadas. Como Norbert Wiener, criador da Cibernética, viu uma simbiose muito próxima entre os computadores e o ser humano, incluindo sofisticadas interfaces com o cérebro.

Licklider também apreciava o poder das redes de computadores, e previu os efeitos da distribuição tecnológica, descrevendo como o aumento do número de computadores, programas e informação entre um grande número de computadores, conectados através de uma rede, criaria um sistema mais poderoso do que aquele construído por apenas uma organização.

Em agosto de 1962, estas ideias foram elaboradas no artigo *On-Line Man Computer Communication*, um dos primeiros a conceituar a futura Internet. Em outubro do mesmo ano foi indicado diretor da nova iniciativa estabelecida pela DARPA, órgão de pesquisa do Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Tinha como missão achar uma forma de implementar sua visão de rede, e interconectar os principais computadores do Pentágono. Iniciou este trabalho pela redação de memorandos onde descrevia os benefícios de uma rede global e distribuída, endereçando-os aos *membros e afiliados da rede de computadores intergaláctica*. Sua visão de uma rede universal teve influência decisiva nos seus sucessores dentro da organização, e levou aos esforços que criariam a futura ARPANET, embrião da moderna Internet.

Seu artigo de 1968, intitulado *The Computer as a Communication Device*, previu a iminente rede universal como ferramenta de agregação de valor pela interação de usuários, e não apenas de transmissão de dados. Veja-se aqui o conceito de *comunidades virtuais*, tão discutido nos dias de hoje, e de fundamental importância quando se fala do emprego das redes na educação.

Pela comunidade virtual, o esforço produzido pela colaboração é maior que aquele gerado de forma individual.

Aqui está caracterizado o emprego inovador da tecnologia no desenvolvimento humano, pela visão de Licklider. Computadores ampliando capacidades dos indivíduos, ao invés de forçá-los a rígida conformidade. Computadores, desta forma, não poderiam ser apenas máquinas de calcular rápidas, mas máquinas cheias de diversão. Novos meios de expressão, inspiração à criatividade, e portões para um amplo mundo de informação - nas palavras de Licklider, uma simbiose homem-computador, para mudar o curso da ciência e da cultura.

Mas a criação maior de Licklider será o conceito de *procognitive systems*, ao questionar se enxergamos os computadores como tendo seu maior valor na função de dispositivos de comunicação cibernética, ao invés de incrementadores da produtividade. Esta é uma das premissas do presente trabalho, e encontra já na década de 60 sinais de alerta.

Em seu livro *Libraries of the Future*, dedicado a Bush, Licklider imaginou uma vida melhor para os seres humanos com melhor informação. Para ele, as próprias bibliotecas serão os *procognitive systems* do futuro, onde os computadores ordenarão, administrarão e conterão a informação que unificará as disciplinas, da mesma maneira que Bush pensava.

O papel de Licklider na concepção das *Tecnologias da Inteligência* é o de semente de futuras ideias relacionadas às redes de informação e comunicação, bem como das comunidades virtuais, inclusive as de aprendizagem. Assim como Engelbart, ele enxerga as redes como meio ideal de troca de experiências cognitivas e decisórias, meio de relacionamento entre trabalhadores do conhecimento, que o próprio Bush não viu no formato de máquinas descentralizadas, já que o *Memex* tinha a característica de dispositivo individual de trabalho.

O papel da tecnologia nas questões da aprendizagem e do desenvolvimento cognitivo levou o filósofo francês Pierre Lévy a cunhar o termo *Tecnologias da Inteligência* (LÉVY, 1993). Estudou o emprego das tecnologias modernas nas questões epistemológicas, e não apenas na automatização de processos repetitivos, como o fazem os computadores em sua função tradicional.

Para Lévy, a tecnologia tem a possibilidade de participar dos processos educacionais por meio dos conceitos de *ciberespaço* e *cibercultura*, que julga estarem em seus primórdios de desenvolvimento.⁸

O autor imaginou uma inteligência distribuída, ou *coletiva*, como a chamou, fruto da interação de todos os agentes inteligentes ligados pela grande rede ou teia mundial. O ciberespaço é uma ferramenta de extrema utilidade para o compartilhamento de conhecimento, socialização, livre opinião e expressão, além de inovação cultural. O uso otimizado do ciberespaço poderia incrementar o desenvolvimento humano através da multiplicação do poder mental de indivíduos e, mesmo, comunidades.

⁸ Ciberespaço (ou Noosfera) seria a ubiquidade da informação e a interconexão de ideias.

Lévy afirma que a cultura da inteligência coletiva encoraja o projeto e teste de valores, conhecimento e ferramentas, incrementando a cooperação intelectual e abertura de mente. Tal cultura pode conduzir a interessantes possibilidades de desenvolvimento humano global. Fica nítida a relação de suas ideias com as propostas educacionais menos amarradas à educação formal tradicional, que tem dominado a humanidade há séculos.

Pelo trabalho de Lévy, vemos o conhecimento como rede, em termos epistemológicos, tecnológicos, de didática, de avaliação, de planejamento e organização curriculares. As ações docentes podem ser modernizadas e paradigmaticamente alteradas através do emprego de tecnologia educacional que privilegie a visão metafórica do conhecimento como rede (MACHADO, 2000).

A tecnologia cibernética deve ser entendida como o conjunto de ferramentas que aumentam a inteligência de propósito geral do usuário, ou seja, o controle que este tem sobre a informação e a comunicação. LÉVY (2001) enxerga nas redes de computadores quantidades de tecnologias intelectuais que aumentam e modificam a maioria de nossas capacidades cognitivas: memória (bancos de dados, hiperdocumentos), raciocínio (modelização digital, inteligência artificial), capacidade de representação mental (simulações gráficas interativas de fenômenos complexos) e percepção (síntese de imagens a partir de dados digitais, principalmente). O domínio dessas tecnologias intelectuais dá vantagem considerável aos grupos e ambientes humanos que fazem um uso adequado delas. Favorecem, ainda, o desenvolvimento e manutenção de processos de inteligência coletiva. Computadores não precisariam ser utilizados apenas para automatizar cálculos, como imaginado no momento de sua criação, mas com um potencial muito maior de desenvolvimento de competências intelectuais.

As ideias e tecnologias apresentadas e sua potencial aplicação educativa

De acordo com os objetivos propostos por este trabalho, cabe neste momento discutir se as tecnologias de informação e comunicação aqui descritas teriam potencial no incremento das capacidades humanas por meio de processos educativos. Os autores citados neste trabalho de alguma forma concordaram com esta premissa. Assim, as tecnologias da inteligência podem e devem ter influência na educação, presente e futura. Não apenas pela mecanização de processos de armazenamento e busca, “[...] mas permitindo um desenvolvimento do ser humano em sentido pleno, com incrementos cognitivos individuais, representativos dos diversos tipos de inteligência observáveis, além do crescimento coletivo” (SOFFNER, 2005).

Há que se buscar níveis superiores de desempenho pedagógico aos atualmente proporcionados pela educação formal, pela construção de competências exigidas pela sociedade da informação. Aqui a tecnologia pode ser utilizada de forma inovadora e criativa pela expansão das capacidades mental e intelectual. Como proposta por Paulo Freire (1978) e Pierre Lévy (1993), uma inteligência coletiva, dialógica, interativa, mediada pelas redes de comunicação e pelos aparatos tecnológicos, já que a educação é interação e a inteligência não é apenas individual.

A escola deverá ser ambiente rico em experiências de aprendizagem e de desenvolvimento desta inteligência coletiva. Também Freire afirmou que ninguém educa ninguém, mas ninguém se educa a si mesmo – o processo de educação vem da comunhão dos homens mediatizados pelo mundo. Eis aqui o papel de destaque para a tecnologia, já que pode promover a colaboração e interação entre os sujeitos em aprendizagem por meio de processos pedagógicos e educacionais.

As ideias geradas pelos pioneiros tecnológicos aqui descritos não têm sido aplicadas de forma rotineira na educação contemporânea. Eles perceberam que a computação e a tecnologia não têm valor em si mesmas, mas na forma como podem alterar nossa forma de enxergar e vivenciar o mundo, de nos comunicar, de criar, de trabalhar de forma colaborativa, de nos organizar, de auferir poder e responsabilidade, ou seja, de nos desenvolvermos como seres humanos (SOFFNER, 2005).

A ampla adoção de tecnologia nas décadas recentes trouxe-nos sistemas prontos para adquirir, armazenar e representar informação. Agora temos dispositivos que podem espelhar o comportamento cognitivo humano e que nos permitem novas formas de interação e associação, em especial nos processos educativos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ideias e os dispositivos propostos por Vannevar Bush (e demais autores aqui analisados), hoje apropriadamente chamados de *tecnologias da inteligência*, podem e devem exercer influência marcante numa nova educação. Não se trata de apenas mecanizar e automatizar processos de captura, armazenamento e busca de informação, como o fazem sistemas voltados para a gestão de dados e de informação. Trata-se, na verdade, do desenvolvimento do ser humano em sentido pleno, da expansão de sua inteligência, entendida no sentido mais amplo, mas abrangendo também a inteligência coletiva de que fala Pierre Lévy (LÉVY, 1999).

A revisão histórica aqui apresentada, da concepção e desenvolvimento de dispositivos tecnológicos de aplicação aos processos educativos, tentou mostrar a evolução das ideias associadas ao tema, e desde já podemos concluir que os esforços de autores já preocupados com a aplicação cognitiva das tecnologias deverão embasar a geração de novas propostas de embasamento teórico-pedagógico, para garantir a eficaz aplicação da tecnologia à educação.

Vivemos a cibercultura, com novas relações do saber, agora virtualizado e desmaterializado; as novas tecnologias de informação e comunicação alteram nossa visão de mundo, e, de forma associada, nossas práticas educativas. Concordamos, pois, com Lévy (2005): “Não se trata aqui de usar as tecnologias a qualquer custo, mas sim de acompanhar consciente e deliberadamente uma mudança de civilização que questiona profundamente as formas institucionais, as mentalidades e a cultura dos sistemas educacionais tradicionais e sobretudo os papéis de professor e de aluno” (LÉVY, 2005, p.172).

A tecnologia existe, em grande parte, para apoiar e habilitar nossos sonhos e projetos, e para desenvolver nossas competências; como vimos, projetos são a linha mestra do desenvolvimento humano. As atividades escolar e educacional devem estar atreladas a este ponto de vista. O que precisamos, no futuro imediato, é que os sonhos dos visionários deste trabalho sejam implementados. A agenda promissora de Bush ainda não foi totalmente considerada. As ideias geradas pelos pioneiros tecnológicos não têm sido aplicadas de forma rotineira na educação contemporânea. O que os pesquisadores referenciados neste artigo perceberam tão bem é que a computação e a tecnologia têm valor no processo de alterar nosso enxergar e vivenciar o mundo, de nos comunicar, de criar, de trabalhar de forma colaborativa, de nos organizar, de auferir poder e responsabilidade, ou seja, de nos desenvolvermos como seres humanos. A educação tem muito a ganhar com tais visões.

REFERÊNCIAS

- BRATE, A. **Technomanifestos**: visions from the information revolutionaries. New York: Texere, 2002. 288 p.
- BUSH, V. As We May Think. In: NYCE, James M., KAHN, Paul (Eds.). **From Memex to hypertext**: Vannevar Bush and the mind's machine. San Diego: Academic Press, 1991.
- ENGELBART, D. C. **A conceptual framework for the augmentation of man's intellect**. Washington, Spartan Books, 1963.
- ENGELBART, D. C., WATSON, R. W., NORTON, J. C. **The augmented knowledge workshop**. California: Stanford Research Institute, 1973. Disponível em: <<http://www2.bootstrap.org/augment-14724.htm>> Acesso em 01 jul. 2016.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 5. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979. 32 p.
- LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993. 208 p.
- LÉVY, P. **A inteligência coletiva**. São Paulo: Loyola, 1999. 212 p.

LÉVY, P. **A conexão planetária**: o mercado, o ciberespaço, a consciência. São Paulo: Editora 34, 2001. 189 p.

LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 2005. 172 p.

MACHADO, N. J. **Epistemologia e didática**: as concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente. São Paulo: Cortez, 2000. 320 p.

NYCE, J. M., KAHN, P. **From Memex to hypertext**: Vannevar Bush and the mind's machine. San Diego: Academic Press, 1991.

SAVIANI, D. Entrevista: a educação fora da escola. **Revista Ciências da Educação**. Americana, ano XI, n.20, p. 17-27, 2009.

SOFFNER, R. K. **As tecnologias da inteligência e a educação como desenvolvimento do potencial humano**. 2005. 144f. Tese (Doutorado em educação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. Campinas, 2005.

WALDROP, M. M. **The dream machine**: J. C. R. lickliger and the revolution that made computing personal. New York: Viking, 2001.

● EDUCAÇÃO

TEORIAS CURRICULARES: DIALOGICIDADE, PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO E SUA RELAÇÃO COM AS MÍDIAS DIGITAIS

Andrea Vicente Toledo Abreu¹

RESUMO: Diante do consenso sobre a importância do Currículo para a educação, faz-se necessário pensá-lo para o contexto hodierno, e foi na expectativa de contribuir que se construiu neste texto discussão com o olhar direcionado para sua relação com as mídias digitais. Buscou-se pensar o Currículo que atende às crianças e jovens na contemporaneidade ao se levar em conta que tanto o aluno quanto o professor, são produtores de conhecimento e a importância do respeito pelos saberes do Outro. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica realizada durante a disciplina *Formação de Professores, Currículo e Cotidiano* do Programa de Pós-Graduação da PUC-Rio, alicerçada nos estudos de clássicos do tema, a saber: Ralf Tyler no que se refere à Teoria Tradicional e Paulo Freire, Michael Apple, Henry Giroux e Michael Young à Teoria Crítica, assim como autores, que mesmo não estando todos diretamente relacionados à Teoria Pós-Crítica, como Antônio Flávio Barbosa Moreira, Jefferson Mainardes, Anderson Ferrari e Vera Candau, contribuem para a construção e apropriação do Currículo. Os resultados possibilitaram a defesa de que o diálogo é reforçado pelas mídias; que o aluno possui saberes que devem ser respeitados e levados em consideração na construção do Currículo, mas que apesar disto, conhecimentos que os sobreponham devem ser acrescentados; e que o professor, apesar de seu necessário protagonismo, já não pode mais se manter como a única fonte de saber.

Palavras-chave: *Currículo. Protagonismo. Ensino. Interação. Contemporaneidade.*

CURRICULAR THEORIES: DIALOCITY, PRODUCTION OF KNOWLEDGE AND ITS RELATIONSHIP WITH DIGITAL MEDIA

ABSTRACT: Facing the consensus on the importance of the curriculum for education, it is necessary to think about it for the current context, and it was hoped to contribute that it was built in this text discussion with a directed look at its relationship with digital media. It was sought to think about the curriculum that attends to the children and young people in the contemporaneity when taking into account that both the student and the teacher are producers of knowledge and the importance of respect for the knowledge of the Other. This is a bibliographical research carried out during the Teaching, Curriculum and Daily Life of the PUC-Rio Postgraduate Program, based on the studies of classics of the subject, namely: Ralf Tyler with regard to Traditional Theory and Paulo Freire, Michael Apple, Henry Giroux and Michael Young to Critical Theory, as well as authors, who are not all directly related to Post-Critical Theory, such as Antônio Flávio Barbosa Moreira, Jefferson Mainardes, Anderson Ferrari and Vera Candau. construction and appropriation of the curriculum. The results made it possible to defend that the dialogue is reinforced by the media; that the student has knowledge that must be respected and taken into account in the construction of the Curriculum, but despite this, knowledge that overlaps it must be added; and that the teacher, despite his necessary role, must no longer remain the only source of knowledge.

Keywords: *Curriculum. Protagonism. Teaching. Interaction. Contemporaneity.*

¹ Doutoranda em Educação. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. andreatoledo4@gmail.com

INTRODUÇÃO

“O século nós o vemos é do cinema. O educador não pode desprezá-lo: deve introduzi-lo na escola, modificando processo e métodos de educação; e deve introduzir a educação no cinema, para orientá-lo e desviá-lo dos desastrosos atalhos a que o levam os interesses mercantis do capitalismo mundial.”

Joaquim Canuto Mendes Almeida
(ALMEIDA, 1931, p.146)

O século também é da comunicação, das interações, das imagens, da autoria. E mesmo que esta forma contemporânea de diálogo ainda não alcance propósitos nobres como os defendidos por Paulo Freire, há de se concordar que as pessoas, incluindo as crianças pequenas, estão cada vez mais conectadas via celulares, *tablets* e *smartphones* de última geração, onde encontram “novos amigos”, gravam vídeos, trocam mensagens instantâneas, jogam online, produzem conhecimento. Motivos suficientes para se pensar sobre o assunto.

Diante disso, a questão sobre a qual se pretendeu refletir por meio de pesquisa bibliográfica durante a disciplina *Formação de Professores, Currículo e Cotidiano* do Programa de Pós-Graduação da PUC-Rio, é como o Currículo atende às crianças na contemporaneidade ao se levar em conta que, tanto o aluno quanto o professor são produtores de conhecimento; assim como a importância do respeito pelos saberes do Outro. Esta discussão está alicerçada nos estudos de Antônio Flávio Barbosa Moreira, Jefferson Mainardes, Anderson Ferrari e Vera Candau, autores que contribuem para a construção e apropriação do Currículo no contexto hodierno.

Antes de entrar neste tema, buscou-se entender o processo de transformação e os desdobramentos de duas teorias do Currículo: a Teoria Tradicional e a Crítica. Para isto, tomou-se como eixo norteador o livro *Documentos de Identidade: uma introdução às teorias do Currículo* (2015), de Tomaz Tadeu da Silva, que trata com propriedade a gênese do Currículo. E ao acompanhar suas reflexões, apresenta-se nos dois primeiros tópicos os posicionamentos de alguns dos autores por ele estudados, a saber: Ralf Tyler no que se refere à Teoria Tradicional e Paulo Freire, Michael Apple, Henry Giroux e Michael Young à Teoria Crítica.

Tais estudos proporcionaram reflexões sobre as mudanças nas formas de *ensinar-aprender* proporcionadas pelas mídias. Reforçaram também a necessidade do protagonismo do professor, sem deixar de considerar o aluno como ser pensante e autoral, especialmente no que se refere a seu aprendizado, e por isto deve ser “ouvido” na elaboração dos Currículos.

A transformação do currículo: entre as teorias tradicional e crítica

As primeiras pesquisas tendo como objeto de estudo o Currículo originaram-se na década de 20, do século passado, nos Estados Unidos; quando estudio-

so da educação perceberam a importância da organização do conhecimento escolar. Os primórdios do Currículo estão ligados, segundo Silva (2015), ao processo de industrialização e massificação da escolarização. O autor explica que “houve um impulso, por parte de pessoas ligadas sobretudo à administração da educação, para racionalizar o processo de construção, desenvolvimento e testagem de Currículos” (SILVA, 2015, p.12). As ideias desses administradores acabaram por se corporificar na obra de Bobbitt, *The curriculum* (1918), e o modelo utilizado foi o do processo fabril. Assim, o Currículo foi percebido em seus primórdios como um meio de racionalização de resultados educacionais. Bobbitt influencia as mentalidades de seu tempo, por desenvolver em torno da educação uma aura de cientificidade e já que a finalidade percebida da educação era a ocupação adulta, o que precisava era mapear as habilidades necessárias às diversas ocupações e então proceder à organização de um Currículo que facilitasse essas aprendizagens.

Mais tarde, o modelo encontrado em Bobbitt será confirmado na obra de Ralph Tyler, publicada em 1949, *Princípios Básicos de Currículo e Ensino*, no qual o estudioso reitera a necessidade de se construir um Currículo focado nas ideias de organização e desenvolvimento. No modelo proposto, o Currículo é visualizado como um componente técnico, que deve responder a quatro perguntas a saber: a escola deve buscar quais objetivos educacionais? Quais atividades educacionais levariam os educandos a alcançar esses objetivos? Como organizar com eficácia essas práticas? E como saber quais os resultados que foram alcançados? Tyler (1974) trabalhou na construção de um modelo de Currículo eficaz em termos técnicos e organizacionais e esforçou-se por construir as fontes das quais derivariam os objetivos da educação, que diz ser os estudos sobre as peculiaridades dos estudantes, conhecimento da vida para além da educação e as recomendações dos especialistas das mais diversas áreas do conhecimento. Segundo o autor, seriam nessas fontes que os estudiosos e construtores de Currículos deveriam embasar suas proposições.

Destaca-se na atualmente denominada Teoria Tradicional, a pretensa neutralidade que apresentou a corrente de estudos do Currículo, em que seus representantes, em especial Ralph Tyler, se ocuparam em buscar as respostas do ‘como’ se ensinar eficazmente. Na medida em que consideraram os saberes socialmente legitimados como dados, não atentaram para a ideia de se pensar ‘quais’ conteúdos deveriam ser transmitidos, se ocuparam da roupagem desse ensinamento de maneira organizada e metódica. A principal contribuição de Tyler foi dar uma organicidade ao Currículo e seu livro permaneceu por 20 anos como paradigma, sendo contestado apenas na década de 1970 com a chamada Pedagogia Progressista¹. Estes estudos intencionavam questionar a construção dos Currículos, perguntavam os porquês dos conhecimentos legitimados como científicos

¹ Segundo Silva (2015) “o modelo progressista, sobretudo aquele centrado na criança, atacava o Currículo clássico por seu distanciamento dos interesses e das experiências das crianças e dos jovens” (SILVA, 2015, p. 27).

e escolares, buscavam entender o porquê de uns e não outros saberes fazerem parte da pretensa naturalidade curricular, a quais interesses serviam tais aprendizados, e ainda deslocavam a visão dos aspectos exclusivamente pedagógicos do ensino para perspectivas mais alargadas, que englobam discussões no âmbito do saber, da ideologia e do poder.

A tradição questionada

Um dos principais estudiosos que deram base às críticas iniciais à tradição curricular foi Paulo Freire, educador que não trata diretamente do Currículo, mas faz inferências e proposições, as quais influenciam vários autores diretamente ligados à temática, como se apresenta no decorrer deste estudo por meio das abordagens de Henry Giroux.

Silva (2015) também contribui para o entendimento das colocações de Freire sobre o Currículo, ao ressaltar que a teorização que propõem é essencialmente pedagógica, na medida em que estabelece elaborações de como a educação e a pedagogia deveriam ser, ao invés de simplesmente se ater às análises de como elas são. As críticas de Paulo Freire (1987) ao Currículo existente se estabelecem por meio do conceito de “educação bancária”. Conceito esse que sintetiza a ideia de depósito bancário feito entre o conhecimento e os alunos. Investe contra o traço verbalista, explanatório e dissertativo do Currículo tradicional e, como contraponto, desenvolve o argumento da necessidade de uma “educação problematizadora”. Tal conceito propõe uma compreensão fenomenológica do que seja conhecer, intencionado, diz que para se conhecer, necessário se faz que seja num coletivo, envolvendo intercomunicação e intersubjetividade. Propõe um conhecimento desenvolvido através da educação posta na intercomunicação feita entre os homens, concebendo o ato pedagógico como um ato dialógico. Nessa perspectiva, Freire (1987) explica que

(...) para o “educador-bancário”, na sua antidialogicidade, a pergunta, obviamente, não é a propósito do conteúdo do diálogo, que para ele não existe, mas a respeito do programa sobre o qual dissertará a seus alunos. E a esta pergunta responderá ele mesmo, organizando seu programa. Para o educador-educando, dialógico, problematizador, o conteúdo programático da educação não é uma doação ou uma imposição – um conjunto de informes a ser depositado nos educandos – mas a devolução organizada, sistematizada e acrescentada ao povo daqueles elementos que este lhe entregou de forma desestruturada (FREIRE, 1987, p. 47).

Em seu clássico *Pedagogia do Oprimido* (1987), escrito na década de 1970, se encontram os conceitos colocados anteriormente. Nele, o educador desenvolveu uma metodologia que possibilita a construção de um Currículo dentro da concepção de “educação problematizadora”. Estabeleceu as bases para o diálogo, cujos

princípios se concretizam em atos de esperança, fé, amor e humildade, que devem nortear a possibilidade de uma educação dialógica, em que o pensar crítico pode ser fecundo. Na medida em que essas bases estão firmadas, é através do diálogo que o educador vai absorver as necessidades de seu alunado e assim poder construir de maneira estruturada um Currículo capaz de atender as reais necessidades de seu público. Vale ressaltar que o corpo de alunos a que Freire (1987) se referia era de adultos analfabetos e semianalfabetos populares, e entender a dialogicidade de maneira tão completa em um público repleto de experiências já vivenciadas, deve ser também, material de análise para possíveis propostas direcionadas a públicos infantis e jovens.

Na visão de Freire (1987), as experiências dos alunos é que devem servir de fonte de inspiração para a construção dos “temas geradores” que, por sua vez, serão o corpo substancial para se constituir os “conteúdos programáticos”. Esses conteúdos deverão sofrer uma sistematização pelos especialistas, pois o retorno aos alunos deve ser feito em forma de ideias estruturadas e organizadas. No desenrolar do desenvolvimento da metodologia que propõe levar a efeito, pode-se perceber sua preocupação em não se impor enquanto busca em território alheio; isto é, pressupõe uma investigação temática que se expresse como uma ação cultural, entendendo cultura como sendo todo trabalho humano. Coloca enquanto um dos motes de investigação para construção dos temas geradores, o debate sobre cultura, percebendo o conceito de maneira antropológica; sendo assim, percebe a cultura popular como legítima e devendo ser legitimada no Currículo.

Outro importante expoente da Teoria Crítica é Michael Apple, que em 1979, publica seu primeiro livro, *Ideologia e Currículo*, e ao contrário das proposições e modelo idealizado por Tyler, entra em choque com a ideologia embutida na neutralidade proposta nos estudos tradicionais de Currículo. Para o educador norte-americano, o Currículo não é um corpo de conhecimento dado, neutro ou natural, mas o produto de escolhas direcionadas em função de interesses que devem ser desvelados. Ao interpretar os posicionamentos do educador, Silva (2015) explica que

a questão não é saber qual conhecimento é verdadeiro, mas qual conhecimento é considerado verdadeiro. A preocupação é com as formas pelas quais certos conhecimentos são considerados como legítimos, em detrimento de outros, vistos como ilegítimos (SILVA, 2015, p. 46).

Estudioso dotado de perspectiva crítica neo-marxista, Apple (1982) propõe uma visão diretamente envolvida com a dimensão da prática, faz esforços de compreensão dos aspectos que se relacionam com as escolhas curriculares dentro de uma universalidade ainda não percebida, elenca outros eixos de diálogo como ímpares, trata da questão da hegemonia consensual, do Currículo oculto, do convencimento ideológico, do Currículo deflagrado e do conflito nas sociedades e nas

ciências, bem como da tradição seletiva e do poder. Defende ações que possam impactar verdadeiramente o Currículo dos estudantes, promovendo a desestabilização da hegemonia na mente das pessoas.

Observa que os parâmetros e medidas que são consubstanciados para a organização do Currículo são os mesmos que utilizados nas organizações para os arranjos da economia, mas, que o meio de pôr a descoberto esse esquema, seria o debruçar-se por sob os estudos acerca do conflito do Currículo Oculto. Como oculto, entende as “normas e valores que são implícitos, porém efetivamente transmitidos pelas escolas e que habitualmente não são mencionados na apresentação feita pelos professores dos fins ou dos objetivos” (JACKSON apud APPLE, 1982, p. 127). Apple (1982) argumenta que o Currículo Oculto possibilita a negação do conflito nas comunidades acadêmico-científicas, a negação das competições entre subáreas do saber, nega o ceticismo lógico comum aos cientistas de todos os ramos, escamoteia os antagonismos históricos entre teorias contrárias.

Como proposições práticas, Apple (1982) ressalta a importância de se alterar o atual modelo de reprodução das categorias hegemônicas nas crianças, e a necessidade de um avivamento da percepção tácita na perspectiva do consenso pelos educadores. Propõe que os Currículos sejam construídos de maneira a apresentar as ciências num formato mais equilibrado, com as revoluções conceituais que lhe são próprias, apontando seus dilemas éticos e morais. Ressalta também a necessidade da priorização dos estudos sobre as comunidades, movimentos sociais e a história da classe operária, proclamando o combate à tradição seletiva nos Currículos, dentro do pressuposto que conhecimento é poder.

Outro autor, apresentado por Silva (2015), de grande relevância para o desenvolvimento de um pensamento crítico em torno do Currículo é Henry Giroux, que enfatiza em seus primeiros trabalhos aspectos convergentes aos abordados por Apple. Na perspectiva de Giroux (1997), as proposições tradicionais dão demasiada ênfase à eficiência e à racionalidade técnica e burocrática em detrimento de aspectos relacionados ao conhecimento, desconsiderando a historicidade, a ética e o caráter político das relações humanas, propiciando um clima de reprodução das desigualdades e injustiças sociais.

Giroux (1997) defende a capacidade de resistência dos atores envolvidos na dinâmica escolar e, impregnado da concepção de pedagogia libertadora de Paulo Freire, aponta na direção de ações culturais, o que resulta na percepção de Currículo enquanto um instrumento de políticas culturais.

Giroux vê a pedagogia e o currículo através da noção de ‘política cultural’. O currículo envolve a construção de significados e valores culturais, o currículo não está simplesmente envolvido com a transmissão dos ‘fatos’ e conhecimentos ‘objetivos’. O currículo é um local onde, ativamente, se produzem e se criam significados sociais (SILVA, 2015, p. 55).

Em seu texto *Professores como Intelectuais Transformadores* (1997), pode-se notar a tendência de se proclamar os sentidos de resistência com relação ao local do professor na engenharia escolar e do papel que esse sujeito deveria encenar. Enfatiza a importância desse profissional enquanto intelectual capaz de promover reais transformações e denuncia as reformas educacionais levadas a efeito nos Estados Unidos, acusando-as de tirarem as possibilidades de o professor desempenhar seu papel de protagonista; demonstrando pouca confiança no profissional, reduzindo-o a simples executor dos planejamentos de especialistas afastados das realidades escolares. Ressalta ainda a necessidade de renovação no treinamento para o trabalho na educação e reconhece o enfraquecimento dos professores, sua perda de poder e as grandes mudanças que se operam nas sociedades com relação às percepções do seu trabalho. Como proposição de ação, cita uma questão que deveria ser melhorada para um acréscimo de qualidade da atividade docente, denuncia a proletarização do trabalho com a incidência de técnicos e administradores implementando os programas curriculares e, para reversão do quadro exposto, defende os professores como intelectuais transformadores, capazes de teorizar e trabalhar essa teoria, ensinando seus alunos a fazerem mesmo.

Os professores “deveriam ser vistos como homens e mulheres livres, com uma dedicação especial aos valores do intelecto e ao fomento da capacidade crítica dos jovens” (GIROUX, 1997, p. 161). É com esse discurso que critica as concepções tecnocráticas e instrumentais inerentes à teoria curricular e educacional vigentes, difundindo o ideal de que os professores deveriam lutar para criar condições de trabalho que permitam incutir nos estudantes a cidadania plena, que os deem coragem e esperança para a luta social transformadora. Discurso que coaduna com o de Freire para o mundo dos adultos estudantes.

As críticas ao Currículo não estavam restritas naturalmente entre brasileiros e estadunidenses. O movimento que se tentou reproduzir nas últimas linhas encontrava ressonância na Inglaterra, só que por outros vieses. Nesse país o que se materializa é uma crítica do Currículo que nasce dentro da Sociologia da Educação, e são os estudiosos dessa área que serão seus protagonistas.

O livro *Knowledge and Control* (1971), organizado por Michael Young, foi vanguardista dessa crítica ao Currículo, que se tornou conhecida posteriormente como a Nova Sociologia da Educação (NSE). Silva (2015) explica que as críticas se referiam à ‘antiga’ sociologia da educação inglesa, por não questionarem a natureza do conhecimento escolar ou o papel do Currículo na produção de desigualdades.

E é nessa lacuna que a NSE vai fazer sua crítica, principalmente nos aspectos que se referem à aceitação de um Currículo neutro, dado, tomado *a priori* como aceitável e não questionável. Os reformadores críticos da NSE pensavam no desenvolvimento de uma sociologia do conhecimento centrada nos aspectos sociais que

viabilizavam certas formas de pensar e suas relações com as diversas estruturas sociais, econômicas e institucionais. As questões pelas quais se ocupava a NSE eram a crítica sociológica e histórica aos Currículos existentes; as conexões estabelecidas entre Currículo e poder e entre a organização do conhecimento e poder; a análise das estratificações e das integrações que delineiam a construção do Currículo; e as alterações do Currículo que protagonizavam as mudanças de poder. Apesar de uma pretensa análise estrutural sem afetações nos aspectos pedagógicos, torna-se inviável se pensar nessas críticas sem alterações de significado pedagógico.

Esse movimento, apesar de sua força, acaba por se multifacetar e se reconfigurar em outras vertentes analíticas a partir da década de 1980, como por exemplo, o feminismo, estudos de gênero, raça e etnia e o pós-estruturalismo. O próprio Young acaba por abandonar gradualmente essa vertente da NSE, representada inicialmente como ideia de construção social, que passa a ter uma perspectiva mais técnica e burocrática.

Michael Young (2007), ainda em uma postura crítica, elenca conceitos que podem, de certa maneira, categorizar a função da escola e do conhecimento, mantendo-se estreitamente vinculado à questão dual saber e poder. Elege a questão *“para que servem as escolas?”* como o argumento mais importante em seu texto, de mesmo nome, buscando responder a essa indagação. De certa maneira, justifica sua mudança de lugar de análise, ao avaliar os críticos das décadas de 1970 e 1980 tomando-os como pouco práticos e sem proposições para as dificuldades que denunciavam. Ressalta que na virada das políticas neoliberais inglesas e norte-americanas os intelectuais não poderiam ser ouvidos nas decisões políticas, na medida em que não tinham muito a dizer sobre as escolas em termos práticos, pois somente dialogavam com seus pares.

Quando pergunta *“para que servem as escolas?”*, Young busca as respostas e critica a empregabilidade do partido trabalhista, a vigilância de Foucault e a felicidade e bem-estar em John White. Seu argumento é que até nos sistemas mais opressivos, pode-se buscar a escola como meio de libertação. Questiona também sobre *“quem recebe escolaridade”* e *“o que os indivíduos na verdade recebem”*, e ao concluir que a escola é um agente de transmissão cultural, enxerga nessa transmissão aspectos de interatividade positivos entre aluno e professor. A partir de então, procura inferir sobre o tipo de conhecimento que se oferta nas escolas; e é nesse momento que alcança as reflexões mais importantes de seu trabalho ao distinguir o *“conhecimento dos poderosos”* do *“conhecimento poderoso”*.

O *“conhecimento dos poderosos”*, segundo Young (2007, p. 1294) *“é definido por quem detém o conhecimento”*. É o conhecimento que dá acesso à universidade, por exemplo, e que só aqueles com maior poder social, econômico e cultural na sociedade têm acesso. Já o *“conhecimento poderoso”* tem relação com o que o aprendizado pode ocasionar nas vidas das pessoas com relação às maneiras de se pensar o mundo. Além disto, Young (2007) ainda o define como sendo o saber dos

especialistas. Elege a escola como lugar de transmissão desse conhecimento e elenca a questão de autoridade a partir do domínio dos mesmos. Também trata do conhecimento escolar e não-escolar e descreve as teorias generalistas como sendo a essência do conhecimento poderoso, que deveria ser disponibilizado a todos os alunos através de um Currículo estruturado em bases de conhecimento, permitindo assim uma igualdade social entre os alunos das classes populares e os das elites. O que Young (2007) propõe é que o Currículo viabilize o *“conhecimento poderoso”* às crianças e jovens numa perspectiva emancipatória, independente do contexto cultural, promovendo a igualdade social. O autor não desconsidera o conhecimento local e cotidiano, mas não considera serem essas as bases do Currículo. Indica que os conhecimentos locais devam ser utilizados para servirem de âncora, mas não como princípios generalizáveis. O pensamento de Young (2007) traz grandes contribuições para repensarmos o Currículo escolar, mas sofre críticas por não dar voz a alunos e professores na seleção dos conhecimentos tidos como *“poderosos”*. Além deste, ficam os questionamentos sobre a quem cabe a decisão de seleção do *“conhecimento poderoso”*, para quem este conhecimento dará poder e se é poderoso, porquê.

De acordo com a visão crítica do Currículo, sumariada através dos textos aqui apresentados, a sociedade utiliza a educação para a reprodução de sua ideologia. Isto acontece a partir do momento que as disciplinas escolares privilegiam relações sociais nas quais, dominantes e subordinados, aprendem a praticar os seus papéis, como está subentendido em Apple (1982). Assim, as escolas reproduzem os aspectos necessários para a sociedade capitalista: trabalhadores adequados a cada necessidade dos locais de trabalho; líderes para cargos de chefia e líderes obedientes e subordinados para os cargos de produção. O Currículo da escola está baseado na cultura dominante e não importam os saberes das classes populares, tão valorizadas por Freire (1987). O Currículo se expressa na linguagem dominante, é transmitido através do código cultural dominante. As classes dominantes podem facilmente compreender esse código, pois possuem o *“conhecimento dos poderosos”*. Talvez se os professores forem empoderados na perspectiva de Giroux (1997), transformações sejam possíveis.

O professor protagonista

A elaboração de um Currículo que atenda com proficiência ao público a que se destina depende de diferentes fatores, como políticas educacionais, diálogos, reformas, gestão. Neste tópico, as reflexões giram em torno da importância do professor nesta seara, o que se identificou como consenso entre os autores aqui interpretados. Para citar apenas alguns, Giroux (1997) e Candau & Moreira (2003) os definem como intelectuais, Freire (1987) como educandos, dialógicos e problematizadores e Mainardes (2006) defende sua participação ativa em todo processo educativo.

Assim, ressalta-se logo de início a importância dos diferentes saberes. Moreira & Candau (2003) preocupam-se com a visão homogênea e padronizada dos conteúdos e dos sujeitos presentes no processo educacional, uma problemática, segundo eles, cada vez mais evidente.

Os 'outros', os 'diferentes' – os de origem popular, os afrodescendentes, os pertencentes aos povos originários, os rappers, os funkeiros, etc. –, mesmo quando fracassam e são excluídos, ao penetrarem no universo escolar desestabilizam sua lógica e instalam outra realidade sociocultural. (MOREIRA & CANDAU, 2003, p. 160).

Tal realidade manifesta-se em mal-estar, tensões e conflitos, novas interrogações e buscas. E é neste contexto que a escola passa a ser entendida como lugar de diálogo entre as diferentes culturas, e em que os professores precisam ser entendidos como protagonistas. Freire (1987) reforça esta afirmativa ao destacar que o conteúdo programático da educação não é uma doação ou uma imposição, mas a devolução organizada, sistematizada e acrescentada dos elementos que o aluno traz para a sala de aula de forma desestruturada. A atitude do educador nesta organização é crucial para uma educação problematizadora e crítica.

Giroux (1997) dialoga com os autores anteriormente mencionados, quando defende que as escolas não são lugares neutros e seus professores tampouco podem assumir esta postura. Cada estudante tem sua história e traz consigo diferentes experiências, culturas, talentos, linguagens que vêm sendo ignorados estrategicamente na teoria pedagógica administrativa. É neste sentido que “os professores como intelectuais devem ser vistos em termos dos interesses políticos e ideológicos que estruturam a natureza do discurso, relações sociais em sala de aula e valores que eles legitimam em sua atividade de ensino” (GIROUX 1997, p. 162-163).

O teórico crítico educacional (Giroux) defende os professores como intelectuais transformadores para educar os estudantes a se tornarem cidadãos ativos e críticos, e lembra que os educadores sociais precisam reconhecer seu potencial na promoção de mudanças; mas para isto é necessário que contem com ideais transformadores que unam a linguagem crítica à da possibilidade, pois só assim as injustiças sociais e políticas exercidas dentro e fora das escolas podem ser contestadas. Aos estudantes, devem ser propiciadas condições para se tornarem cidadãos com coragem e conhecimento. É uma luta que vale a pena travar, pois de outra maneira se nega aos educadores a chance de se tornarem intelectuais transformadores.

Tais considerações de Giroux (1997), vão de encontro às interpretações que Mainardes (2006) faz sobre o posicionamento de Stephen Ball e Richard Bowe sobre o ciclo de políticas educacionais. Mainardes (2006) explica que estes

autores indicam que o foco da análise de políticas deveria incidir sobre a formação do discurso da política e sobre a interpretação ativa que os profissionais que atuam no contexto da prática fazem para relacionar os textos da política à prática. Isso envolve identificar processos de resistência, acomodações, subterfúgios e conformismo dentro e entre as arenas da prática, e o delineamento de conflitos e disparidades entre os discursos nessas arenas (MAINARDES, 2006, p. 50).

O educador-educando, dialógico, problematizador, idealizado por Freire (1987), se torna fundamental para este papel. Este ideal de professor não impõe ou tenta impor sua visão de mundo ao aluno, mas dialoga com ele, pois qualquer atitude diferente desta será reduzida à pregação no deserto. “A ação educativa e política não pode prescindir do conhecimento crítico” (FREIRE, 1987, p. 49).

Dentro da discussão sobre o diálogo e a criticidade, Silva (2015) traz o argumento de Giroux de “que a escola e o currículo devem funcionar como uma ‘esfera pública democrática’” (SILVA, 2015, p. 54). Locais onde as habilidades democráticas da discussão, participação e questionamento possam ser exercidas e no qual os professores deixem de ser vistos como técnicos ou burocratas e passem a ser reconhecidos como ativamente envolvidos em ações críticas e questionadoras, em busca da emancipação e da libertação. Não se pode afirmar, mas as circunstâncias indicam que as mídias podem ser utilizadas neste processo de diálogo, e é em torno deste tema que gira o próximo tópico.

A educação e o diálogo midiaticizado

A educação para o diálogo encontra grande aparato na contemporaneidade por meio das novas mídias e pelo acesso à comunicação, nunca tão proeminente. Desta forma, respostas a perguntas feitas pelo educador Paulo Freire em sua *Pedagogia do Oprimido* em 1970, tomam novos patamares, mas ainda são satisfatoriamente coerentes com o contexto hodierno. Os questionamentos de Freire (1987) a que se refere são:

Como posso dialogar, se me sinto participante de um gueto de homens puros, donos da verdade e do saber, para quem todos os que estão fora são “essa gente”, ou são “nativos inferiores”?

Como posso dialogar, se parto de que a pronúncia do mundo é tarefa de homens seletos e que a presença das massas na história é sinal de sua deterioração que devo evitar?

Como posso dialogar, se me fecho à contribuição dos outros, que jamais reconheço, e até me sinto ofendido com ela?

Como posso dialogar se temo a superação e se, só em pensar nela, sofro e definho? (FREIRE, 1987, p. 46).

Ser o dono da verdade e do saber em tempos em que o conhecimento se tornou acessível através das mídias tornou-se mais difícil. O professor que não valoriza diferentes culturas, não é capaz de trabalhar em cooperação com os saberes dos alunos e teme a superação; também já não consegue, se é que algum dia o fez, manter o status de única fonte do saber. O século da comunicação deve ser também o do diálogo, da crítica e da problematização.

Nesta perspectiva, Ferrari (2012) ao estudar um documentário catalão destinado às escolas, sobre famílias homoparentais, propõe uma discussão importante. Sua análise tem estudos sobre o endereçamento de produções audiovisuais, de Ellsworth como referência, que ajudam na problematização dos filmes produzidos para escolas ou utilizados com fins pedagógicos. A perspectiva de análise construída pela professora contribui com o pensamento de Ferrari (2012) sobre as imagens e a relação entre cultura visual e subjetividades. A interpretação gira em torno da ausência da teoria sobre o modo deste endereçamento na formação de professores.

O modo de endereçamento é uma teoria originária do Cinema, que envolve teoria, política e mudança social. Os textos, os filmes e as propagandas são feitos para alguém, ou seja, para um público-alvo. Segundo a autora, todo filme trabalha com duas questões: quem o filme pensa que eu sou? Quem o filme quer que eu seja? Duas questões que são investimentos em algum tipo de mudança social, na medida em que trabalham com a perspectiva de transformação dos sujeitos que estão assistindo ao filme, que são capturados por algum endereçamento da produção. Questões que, trazidas para o campo da educação, podem se transformar em “quem eu penso que os meus alunos são?” e “quem eu quero que eles sejam?”. Num campo ou outro do conhecimento trabalham com as imagens que eu tenho do meu público-alvo e de onde eu quero levá-los, apostando na mudança social (FERRARI, 2012, p. 111-112).

As sugestões de Giroux (1995) de como discutir criticamente os filmes produzidos pela Disney, contribuem com o pensar sobre o Currículo dialógico para o atendimento de alunos no século do cinema. Entre as que mais se relacionam com o tema discutido, ressalta-se a importância de se incluir nas escolas textos culturais e filmes animados que dominam a cultura infantil na Disney, enquanto objetos sérios de conhecimento social e de análise crítica; a atenção para as múltiplas e variadas mensagens dos filmes, a fim de criticá-los e, quando necessário, reivindicá-los para fins mais produtivos; a discussão séria em relação à tentativa da Disney de moldar a memória coletiva; a inserção do político e do pedagógico no discurso do entretenimento; a consideração de forma séria das necessidades, linguagens e experiências das crianças; a compreensão de como os

jovens se identificam com esses filmes; o desenvolvimento de novas formas de compreensão e leitura crítica de meios visuais eletronicamente produzidos. Para o autor, ser alfabetizado vai muito além do ensinar e aprender a cultura do livro.

Os estudantes devem não apenas analisar as representações da cultura popular eletronicamente mediada, mas devem ser também capazes de dominar as habilidades e a tecnologia para produzi-las. Dito de outro modo, os/as estudantes devem obter experiência em fazer filmes, vídeos, músicas e outras formas de produção cultural, obtendo, assim, mais poder sobre as condições da produção do conhecimento (GIROUX, 1995, p. 75).

Considera-se que este poder de produzir conhecimento esteja relacionado com o “conhecimento poderoso”, defendido por Young (2007). Como já dito, o sociólogo explica que quem detém o conhecimento define o “conhecimento dos poderosos” e aqueles com maior poder na sociedade são os que têm acesso a certos tipos de conhecimento o “conhecimento dos poderosos”. Com enfoque no Currículo, Young define outro conhecimento que chama de “conhecimento poderoso”.

Esse conceito não se refere a quem tem mais acesso ao conhecimento ou quem o legitima, embora ambas sejam questões importantes, mas refere-se ao que o conhecimento pode fazer, como, por exemplo, fornecer explicações confiáveis ou novas formas de se pensar a respeito do mundo (YOUNG, 2007, p. 1294).

Defende ser este conhecimento que “os pais esperam, mesmo que às vezes inconscientemente, ao fazerem sacrifícios para manter seus filhos na escola. Esperam que eles adquiram o conhecimento poderoso, que não é disponível em casa” (YOUNG, 2007, p. 1294).

Quando Giroux (1995) afirma ser importante que se estabeleçam condições aos estudantes para que deixem de ser objeto do trabalho pedagógico, afirmando seu papel como produtores culturais, se aproxima da definição de conhecimento poderoso de Young (2007). Só assim, os estudantes estarão atentos “ao funcionamento do poder, da solidariedade e da diferença como parte de um projeto mais abrangente de fortalecimento de poder democrático (GIROUX, 1995, p. 75).

Ao tentar responder à pergunta “Para que servem as escolas?”, Young (2007) defende que elas capacitam ou podem capacitar jovens a adquirir o conhecimento que, para a maioria deles, não pode ser adquirido em casa ou em sua comunidade. Não que o conhecimento que trazem de casa não seja importante ou deva ser relegado, mas a participação ativa na escola das crianças de lares desfavorecidos, pode ser a oportunidade de caminhar intelectualmente para além do local e do particular. Young (2007) não vê utilidade

em Currículos construídos em torno da experiência do aluno, em que o resultado se limita em deixá-lo na mesma condição. Isto não quer dizer que não deva existir diálogo. Como ensina Freire (1987), dizer a palavra é direito de todos os homens e não privilégio de alguns. E se ninguém pode dizer a palavra verdadeira sozinho, ou dizê-la para os outros como uma prescrição, o Currículo também deve ser pensado coletivamente. O que Young (2007) defende é a necessidade de se levar em consideração o conhecimento local e cotidiano dos alunos, sem que esse conhecimento seja sua base.

Em uma época em que cada vez mais o diálogo é realizado por meio de diferentes mídias, o Currículo não pode ignorá-las. Na construção de discursos, o audiovisual trabalha com cortes, as ausências e espaços que nos chamam a lidar com as imagens. Ferrari (2012) explica que o espectador preenche esses cortes, ausências e espaços e, quando o fazem não é mais o documentário ou o filme que fala, mas ele mesmo que, com base em suas histórias e experiências, age sobre o que é narrado. Por isto a importância do uso destes recursos no Currículo e da compreensão da cultura visual da formação de professores em um mundo repleto de imagens.

Estamos em meio a uma extraordinária quantidade de imagens visuais e de imaginários. No entanto, nos aproximarmos dessas imagens representa colocar em circulação uma resposta a elas. Essa resposta depende de uma resposta coletiva e social que vai gerando significado para nós. Algo que é construído por aquilo que vamos considerando como válido, bonito, desejável e que passa pelo aval de grupos qualificados da comunidade. Estamos em uma sociedade que produz cada vez mais imagens que nos ensinam e nos formam (FERRARI, 2012, p. 119).

É nesta perspectiva que Giroux (1997) ressalta que os estudantes se preocupam em aprender o “como fazer”, “o que funciona” ou o domínio da melhor maneira de ensinar um “dado” corpo de conhecimentos. Trata-se do aluno como sujeito ativo do trabalho pedagógico, tendo as mídias e o cinema na educação como aparato. Mas esta atuação de destaque do alunado, não exime os professores de sua responsabilidade de construir o roteiro/currículo a ser seguido. A eles tem que ser creditada a função de “homens e mulheres livres, com uma dedicação especial aos valores do intelecto e ao fomento da capacidade crítica dos jovens (GIROUX, 1997, p. 161).

O embasamento explanado possibilita a defesa de que o diálogo é reforçado pelas mídias, que o aluno possui saberes que devem ser respeitados e levados em consideração na construção do Currículo mas que, apesar disto, conhecimentos que os sobreponham devem ser acrescentados, e finalmente que o professor,

apesar de sua atuação de destaque, deve e já não pode mais se manter como a única fonte do saber. Moreira (2001) observa que a visão de Currículo passou de uma restrita lista de disciplinas e conteúdos, a um propósito mais abrangente que abarca todo e qualquer fenômeno educacional. O que se defende é que as novas mídias devam ser consideradas com seriedade entre estes fenômenos, na construção dos Currículos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diferentes probabilidades aqui demonstradas entre a Teoria Tradicional e a Teoria Crítica do Currículo, apresentam divergências conceituais relevantes entre os autores estudados. Ralf Tyler, Paulo Freire, Michael Apple, Henry Giroux e Michael Young constroem suas proposições a seus modos, baseados em suas configurações de mundo e é necessário a construção de uma postura de reflexão crítica diante dessas mesmas proposições, sabendo que as ideias servem de base para entendimentos mais ampliados acerca do Currículo e suas aplicabilidades.

Ao se tratar do Currículo na contemporaneidade, pode-se contar com as teorias pós-críticas do Currículo, que auxiliam fortemente tanto na elaboração do Currículo como em suas aplicabilidades. Tendo Silva (2015) como escoro, foi possível sustentar que a tradição corrobora o aumento das injustiças sociais e das desigualdades e, neste caso, nada mais nobre do que a defesa da inovação. Faz-se, no entanto, a ressalva de que toda esta inovação representada aqui pelas mídias e pelo cinema, de nada servirão se não tiverem professores e alunos ativos, que defendam seus posicionamentos ao mesmo tempo que ouvem e respeitam os posicionamentos do outro, que problematizem e construam argumentos desafiadores. Para isto, nada melhor do que um Currículo crítico e ampliado, que proponha alternativas reais, que possam ser a base para uma mudança democrática.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. C. M. de. **Cinema contra cinema**: bases gerais para um esboço de organização do cinema educativo no Brasil. São Paulo: São Paulo Editora, 1931.
- APPLE, M.W. O Currículo oculto e a natureza do conflito. In: APPLE, M.W. **Ideologia e Currículo**. São Paulo: Brasiliense, 1982. p. 125-157.
- FERRARI, A. Cultura Visual e homossexualidades na constituição de “novas” infâncias e “novos” docentes. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 49, p. 107-120, jan/abr. 2012.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GIROUX, H. A. Professores como intelectuais transformadores. In: GIROUX, Henry Armand. **Os professores como intelectuais: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. p. 157-164.

_____. Disneyzação da cultura infantil. In: SILVA, T. T. da; MOREIRA, A. F. B. (Orgs). **Territórios contestados: o currículo e os novos mapas políticos e culturais**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1995.

MAINARDES, J. Abordagem do ciclo de políticas: uma contribuição para a análise de políticas educacionais: **Educação e Sociedade**, Campinas, v. 27, n. 94, p. 47-69, jan/abr, 2006.

MOREIRA, A. F. B. O Campo do Currículo no Brasil: os anos noventa. **Currículo sem Fronteiras**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 35-49, jan/jun, 2001.

MOREIRA, A. F. B.; CANDAU, V. M. Educação escolar e cultura(s): construindo caminhos. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 23, p. 156-168, mai./ago., 2003.

SILVA, T. T. da. **Documentos de identidade: uma introdução às teorias do currículo**. Belo Horizonte: Autêntica, 2015.

TYLER, R. Que objetivos educacionais a escola deve alcançar? In: TYLER, Ralph. **Princípios básicos de currículo e ensino**. Porto Alegre: Globo, 1974.

YOUNG, M. Para que servem as escolas? **Educação e Sociedade**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 1287-1302, dez. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/es/v28n101/a0228101.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2017.

● EDUCAÇÃO

CONCEPÇÃO DE MEIO AMBIENTE SOB A VISÃO DE ALUNOS DE UMA ESCOLA PÚBLICA DE ITUIUTABA-MG

*Mônica Miguel de Paula*¹; Flávio Caldeira Silva²;
Ubiramar Ribeiro Cavalcante³; Franciene Cabral da Silva⁴*

RESUMO: O presente artigo pauta-se em analisar as concepções ambientais dos alunos do 6º ano do ensino fundamental de uma escola pública de Ituiutaba, MG e a partir delas, planejar ações por meio de intervenções, para trabalhar a temática. Trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa em que adotamos como procedimentos metodológicos a revisão bibliográfica, que foi baseada em documentos oficiais e autores de referência na temática. Utilizamos também a pesquisa de campo tendo como sujeitos participantes alunos do 6º ano do ensino fundamental. O corpus empírico foi composto por aplicação de questionário para 120 estudantes, contendo, assim, 12 imagens que representavam para os alunos o que era meio ambiente. Os resultados obtidos neste estudo apontam que os alunos possuem uma visão naturalista sobre meio ambiente, deixando de lado a visão mais ampla e correta e, principalmente, não se inserindo como parte desse meio. Observa-se a necessidade de trabalhar o conceito de forma interdisciplinar para que se possa construir junto aos alunos o conceito correto e promover a educação ambiental.

Palavras-chave: *Percepção. Sociedade. Natureza.*

ENVIRONMENTAL CONCEPTION UNDER STUDENT'S PERSPECTIVE OF A PUBLIC SCHOOL IN ITUIUTABA-MG

ABSTRACT: This article aims to analyze the environmental conceptions of sixth-grade students in basic education at a public school in Ituiutaba, MG and from them, to plan actions through interventions, to work on this theme. It is a qualitative-quantitative research adopting the bibliographic review as a methodological procedure, which was based on official documents and authorities on the subject. We also used the field research having as participants subjects the sixth-grade students of elementary school. The empirical corpus was comprised by means of applying a questionnaire to 120 students, thus containing 12 images that represented to students what was environment. The results obtained in this study indicate that the students have a naturalistic view of the environment, leaving aside the broader and more accurate view and, especially, separating from this scope. It is observed the need to work the concept in an interdisciplinary way so that they can build the correct concept and promote environmental education.

Keywords: *Perception; Society; Nature.*

* Autor Correspondente: monicampaula@hotmail.com

1 Professora da Educação Básica. Aluna do Curso de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Instituição Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Triângulo Mineiro (IFTM). Ituiutaba, MG, Brasil. monicampaula@hotmail.com

2 Professor orientador. Instituição Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Triângulo Mineiro (IFTM). Ituiutaba, MG, Brasil. flavioaldeira@iftm.edu.br

3 Professor co-orientador, Universidade Estadual de Minas Gerais, Ituiutaba-MG; ubiramarr@gmail.com

4 Professora da Educação Básica, Universidade Federal de Uberlândia – FAPIC, Ituiutaba-MG; franciene.c@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Devido à atual crise ambiental, diversos pesquisadores e estudiosos têm discutido e dialogado sobre as questões ambientais. Quando nos referimos ao meio ambiente, pensamos em lagos, montanhas, rios, cachoeiras e grandes florestas, mas não é só isto, não são apenas paisagens naturais, o conceito é bem mais abrangente, visto que estão presentes animais, microrganismos, vegetação, solo, rochas, atmosfera e fenômenos da natureza entre outros, se baseia em tudo, desde o micro ao macro (FERREIRA, 1988).

Envolve todas as coisas vivas e não-vivas que ocorrem na Terra, que afetam os ecossistemas e a vida dos humanos. O meio ambiente pode ter diversos conceitos que são identificados por seus componentes.

De acordo com a resolução CONAMA nº 306 de 2002: "Meio Ambiente é o conjunto de condições, leis, influência e interações de ordem física, química, biológica, social, cultural e urbanística, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas".

Mendonça (2002), baseado em Bailly e Ferras, afirma que, em 1917, o meio ambiente era pensado na perspectiva dos fatores externos que atuam sobre os seres vivos, em 1964, era ao conjunto dos fatores bióticos e abióticos do habitat e, em 1971, passou a ser pensado como o conjunto dos fatores físicos, químicos, biológicos e sociais possíveis de gerar efeitos sobre os seres vivos.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) têm orientações flexíveis, permitindo que cada região possa atender sua realidade por meio de programas específicos. Fazem parte deles as orientações para pensar as disciplinas escolares e os documentos referentes aos temas transversais. O tema transversal Meio Ambiente propõe que sua principal contribuição é formar cidadãos para atuarem conscientemente na realidade socioambiental. Para isso, é necessário que os alunos se identifiquem como parte integrante da natureza, para que reconheçam que os problemas que afetam a natureza, também os atingem (BRASIL, 1998).

Devido à necessidade de trabalhar a educação ambiental nas escolas, como proposto pela Lei 9.795, de 27 de abril de 1999, justificou-se a realização de um diagnóstico prévio para analisar as concepções dos alunos sobre o conceito de meio ambiente e, posteriormente, planejar ações para trabalhar a tal temática (BRASIL, 1999).

Dessa forma, o objetivo do estudo foi analisar a concepção dos alunos do 6º ano do ensino fundamental sobre meio ambiente e identificar meios de promover a educação ambiental de forma interdisciplinar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Ao propor desenvolver um estudo sobre o meio ambiente, tomamos como referência o rigor metodológico quali-quantitativo, estabelecendo critérios de seleção da escola e dos sujeitos que se envolveram na pesquisa. Oliveira (2010) afirma que:

A prática de combinar técnicas de análise quantitativa com técnicas de análise qualitativa proporciona maior nível de credibilidade e validade aos resultados da pesquisa evitando-se, assim o reducionismo por uma só opção de análise (OLIVEIRA, 2010).

Para melhor entendimento, realizou-se um estudo de literaturas voltadas a temática meio ambiente e, posteriormente, se procedeu à análise documental dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e do tema transversal meio ambiente. Além disso, foram aplicados questionários contendo imagens que representavam para os alunos o que era meio ambiente. E, por fim, procedeu a uma abordagem quali-quantitativa dos resultados da pesquisa.

A pesquisa foi realizada com a autorização dos pais ou responsáveis pelos alunos que assinaram o termo de consentimento livre esclarecido, TCLE com a aquiescência da direção da escola. Assim, firmamos o compromisso de assegurar sigilo quanto à identificação da escola e dos sujeitos participantes da pesquisa. Para a seleção da escola, levou-se em consideração a localização, sendo selecionada uma da região central de Ituiutaba-MG, por atender alunos de várias localidades e por ela priorizar disciplina e organização e ofertar educação de nível infantil até o ensino fundamental II.

Foi aplicado um questionário a 120 alunos do 6º ano do ensino fundamental de uma escola Municipal em Ituiutaba-MG, composto por 12 (doze) questões de múltipla escolha acompanhado de imagens de espaços aleatórios como: Terreno Rochoso, Deserto, Sala de aula, Mata fechada em região montanhosa, cidade, lixão, entre outras, com a seguinte pergunta "Esta imagem representa o meio ambiente para você? Sim ou não. Justifique sua resposta". O objetivo de o aluno justificar a resposta era para a melhor compreensão no momento das análises dos dados. A pesquisa foi desenvolvida em quatro etapas:

- 1ª etapa: aplicação de questionários com imagens que representassem o meio ambiente;
- 2ª etapa: realização de um diagnóstico prévio sobre as concepções dos alunos sobre o meio ambiente;

- 3ª etapa: análise dos dados coletados, esta foi realizada de forma a ler todas as justificativas dos alunos para entender a visão que têm sobre o assunto e, posteriormente, realizar a tabulação dos dados no Excel para a geração de gráficos para uma melhor análise, juntamente com o estudo de outros autores de modo a comparar com os conceitos por eles propostos sobre a temática em questão.
- 4ª etapa: após à realização da análise dos dados, foi feita uma intervenção em sala, para discussão dos resultados obtidos, de modo a conscientizar e sensibilizar os discentes sobre o verdadeiro conceito do Meio Ambiente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

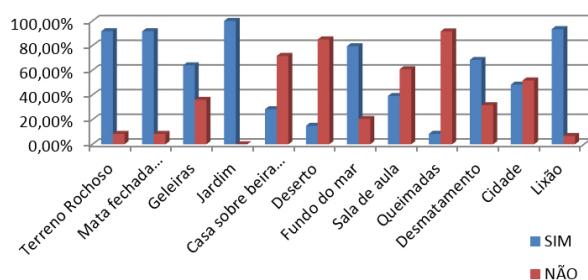
Ao abordar o tema para os alunos, percebemos que eles possuem uma visão naturalista, muitos têm a concepção de que o meio ambiente é tudo aquilo que é natural, que é só paisagem, sendo que o meio ambiente é todo local que o ser humano está inserido. Como por exemplo: a sala de aula, o deserto, o fundo do mar, a cidade dentre outros. Conforme está explícito na Tabela 1 e Figura 1 a seguir.

Tabela 1: Conceito de meio ambiente dos alunos:

Representam o meio ambiente?	Sim	Não
Terreno Rochoso	91,6 %	8,4%
Mata fechada região montanhosa	91,6 %	8,4%
Geleiras	64,0%	36,0%
Jardim	100%	0
Casa sobre beira do rio	28,4%	71,6%
Deserto	15%	85%
Fundo do mar	79,5%	20,5%
Sala de aula	39,16%	60,84%
Queimadas	8,5%	91,5%
Desmatamento	68,33%	31,67%
Cidade	48,30%	51,7%
Lixão	93,3%	6,7%

Fonte: Compilação de dados dos questionários (2015)

Figura 1: Comparativo sobre ser ou não Meio Ambiente.



Fonte: PAULA, 2016

A partir dos dados levantados, verificamos que o conceito sobre o meio ambiente é pouco conhecido pelos alunos, quando nos referimos a sala de aula 60,84% dos alunos não consideraram a sala como meio ambiente, alguns até justificaram suas respostas: *"não existem plantas ou árvores"*, ou: *"aqui na sala só tem mesas, cadeiras e nós seres humanos, então não representa o meio ambiente"*. E 51,7% disseram que *as cidades também não fazem parte dos elementos naturais*, pois foram construídos pelo homem e eles consideram meio ambiente: *"terra, água, ar, florestas, animais"*.

Analisando os resultados, percebemos que a maioria dos alunos pesquisados não considera as paisagens urbanas, considera apenas o que é paisagismo natural. Sendo que a paisagem, segundo Santos (2002), *"é o conjunto de formas que, num dado momento, exprime as heranças que representam as sucessivas reações localizadas entre homem e natureza"*. As paisagens culturais ou antrópicas são expressões das atividades humanas e se modificam com intervenções do homem.

Na imagem do deserto, 85% dos alunos também conceituaram não fazer parte, as respostas foram bem negativas: *"Areia não é meio ambiente"*, *"Não tem árvore, nem flores, nem água, como podemos considerar?"*, *"não existe ser humano e nem vida"*, *"não tem água..."*

Aproximadamente 90% dos alunos consideravam as imagens que possuíam vegetações e animais: *floresta (91,6 %), jardim (100%), fundo do mar (79,5%) e lixão (93,3%)*, como meio ambiente. Spazziani (2004) afirma que *"uma compreensão de natureza oposta à cultura. A natureza é apresentada como algo grandioso, belo, equilibrado sem a figura do homem, ou pelo menos sem suas marcas"*.

A conscientização é muito importante e isso tem a ver com a educação no sentido mais amplo da palavra. A gente só pode primeiro conhecer para depois aprender amar, principalmente, de respeitar o ambiente (SEGURA, 2001).

Diante os resultados obtidos, acreditamos na necessidade da formação de cidadãos conscientes sobre a conservação do ambiente, sendo necessária a implementação de projetos de Educação Ambiental, com uma visão crítica e diferenciada do pensamento ideológico, puramente utópico que tem dominado a Educação Ambiental tradicional (GUIMARÃES, 2007). Nas escolas, os educadores devem contribuir para a formação de uma geração consciente em associação ao seu papel como cidadão voltado para uma valorização tanto ética, social, ambiental. A Educação Ambiental, além de ser uma ferramenta para o ensino, enfatiza também a necessidade de mudança de atitude para com a natureza e a sociedade. Para conseguir essa consciência crítica dos alunos, o professor tem que dar a eles a oportunidade de pensar, criticar, questionar e obter respostas (SANTOS, 2017). Ainda, necessita trabalhar mais sobre o assunto, de forma que os alunos entendam que o meio ambiente é tudo, não apenas paisagens naturais.

Percebemos que o homem, por muitas vezes, é um dos principais destruidores do meio onde vive, com isso é necessário discutir e incentivar as crianças desde o início sobre a consciência ambiental, pois é difícil incorporar novos valores e atitudes quando já adultos, e a escola é um meio de propagação de tais informações. O que fica em evidência é a distância entre o que a sociedade espera da escola e o que a escola tem sido capaz de oferecer, tendo em vista que, na maioria das vezes, o trabalho da educação ambiental fica a cargo apenas do professor de ciências e biologia, sendo essencial trabalhar com a interdisciplinaridade na educação ambiental, envolvendo todas as disciplinas: a Matemática, a Geografia, na História etc. Entendendo que a humanidade precisa se educar e perceber que os danos à natureza estão cada vez mais severos e nós estamos sentindo as consequências, basta ver as inundações, secas, todo esse desequilíbrio que vivemos atualmente. E que o meio ambiente vai além do que os alunos imaginam, devendo assim ser trabalhado um conceito mais abrangente.

CONCLUSÃO

Observa-se a necessidade de trabalhar o conceito de forma interdisciplinar para que se possa construir junto aos alunos o conceito correto e promover a educação ambiental.

REFERÊNCIAS

- BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais**: terceiro e quarto ciclos: apresentação dos temas transversais. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- BRASIL, Lei no 9.795, de 27 de abril de 1999. **Política Nacional de Educação Ambiental**. Brasília: 1999.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 306, de 5 de julho de 2002**. Estabelece os requisitos mínimos e o termo de referência para realização de auditorias ambientais. Brasília: 2002.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio básico da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988.
- GUIMARÃES, M. **A dimensão Ambiental na educação**. Campinas-SP: Papyrus, 2005.
- MENDONÇA, F. de A. **Geografia e meio ambiente**. 8. Ed. São Paulo: contexto, 2008, p. 82.
- _____. Geografia socioambiental. In: Mendonça, Francisco. Kozel, Salete (org.). **Epistemologia da geografia contemporânea**. Curitiba: ed. Da UFPR, 2002, p. 121-144.
- MINAYO, M. C. de S. Trabalho de campo: contexto de observação, interação e descoberta. In: **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Rio de Janeiro: vozes, 2008.
- OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 3 ed. Petrópolis, RJ: vozes, 2010.
- SANTOS, M. A natureza do espaço: **Técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Edusp. 384 p., 2002.
- SANTOS, C. F. dos. SILVA, A. J. A importância da educação ambiental no ensino infantil com a utilização de recursos tecnológicos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 4-19, out.2016/mar. 2017.
- SEGURA, D. de S. B. **Educação Ambiental na escola pública**: da curiosidade ingênua à consciência crítica. São Paulo: Annablume: Fapesp, 2001.