LIGIA DE ALMEIDA GILIOLI

A ABORDAGEM EPIGENÉTICA COMO UM NOVO OLHAR NA EDUCAÇÃO

INCONFIDENTES - MG
NOVEMBRO 2014

LIGIA DE ALMEIDA GILIOLI

A ABORDAGEM EPIGENÉTICA COMO UM NOVO OLHAR NA EDUCAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Inconfidentes, para obtenção do título de licenciado em ciências biológicas.

Orientador(a): Prof. Msc. Ana Paula Dantas Passos

INCONFIDENTES - MG
NOVEMBRO-2014

LIGIA DE ALMEIDA GILIOLI

A ABORDAGEM EPIGENÉTICA COMO UM NOVO OLHAR NA EDUCAÇÃO

Data de aprovação: 10 de novembro de 2014.

_____
Prof. Msc. Ana Paula Dantas Passos (IFSULDEMINAS-Inconfidentes)
Professora Orientadora

_____
Prof. Msc. Melissa Salaro Bresci (IFSULDEMINAS - Inconfidentes)
Membro 1

_____
Prof. Msc. Constantina Dias Paparidis (IFSULDEMINAS - Inconfidentes)
Membro 2

DEDICATÓRIA

Este trabalho poderia ser dedicado a muitas pessoas, porém existe uma pessoa que se tornou referência em dedicação, autoconfiança, força de vontade e tantos outros adjetivos positivos que se encaixariam aqui. Dedico a você **Ana Paula Dantas Passos**, minha orientadora co-autora. Este trabalho é nosso! Obrigada por me ensinar a amar o que eu ainda não fiz: lecionar. Obrigada por tornar este trabalho possível e por acreditar nele, até mesmo quando eu não acreditei. Sem você não teria sido possível!

"A ti não necessitaria escrever; seriam seus: a dedicatória, o prólogo, as linhas, vírgulas, acentos, pontos finais e o resto. O todo." (Autor Desconhecido)

AGRADECIMENTOS

Para além do projeto, devo primeiramente agradecer minhas “mães” Antonia e Mercedes. Mulheres guerreiras e de personalidade nas quais me espelho todos os dias e que juntas tiveram força para me tornar quem sou. Mesmo com tantas dificuldades que a vida lhes impôs e impõe, nunca fraquejaram perante os problemas. Eu me orgulho das minhas raízes simples, de compor essa família linda que nós formamos. Não poderia deixar de incluir aqui a mais fofinha de todas, tia Neta. Obrigada por terem me ensinado respeito, humildade, coragem, esperança, dignidade e fé, é neste alicerce em que tenho me apoiado. Obrigada por nunca desistirem de mim e por não desistirem do sonho de me ver formada. É esta conquista que este Trabalho de Conclusão de Curso representa para vocês hoje. Vocês são minha vida. Amo vocês!

Agradecimentos especiais para o namorido mais lindo, Joseph, que sempre me apoiou e incentivou, que acredita em meu potencial mesmo quando eu sinto que não sou capaz. De vez em quando a gente acerta nas escolhas e pessoas especiais entram em nossas vidas fazendo uma diferença sem tamanho. Você, meu amor, é essa pessoa ímpar em minha vida. Obrigada por me amar do jeito que sou e por driblar meu temperamento difícil todos os dias daquele jeitinho que só você sabe! Desejo que Inconfidentes seja o começo de uma vida inteira ao seu lado. Obrigada por tudo! Eu te amo!

Obrigada, Tchuquinha (Talita), Juju (Juliana), Marrie (Marilac), Flavito (Flávio), vocês estiveram o tempo todo de forma direta ou indireta influenciando positivamente em minha jornada. Acompanharam de perto cada desafio e eu sei que torceram pela minha vitória. Vou carregá-los pela vida toda em meu coração!

Aos mestres, que me auxiliaram a percorrer os caminhos da educação e me ensinaram grandes lições, espero me tornar uma excelente professora e fazer jus a essa profissão linda.

A banca, Melissa e Constantina, por terem percorrido os anos de faculdade comigo e por aceitarem este desafio. Obrigada por contribuir a este trabalho.

“Sonhar com o IMPOSSÍVEL é o primeiro passo para torná-lo POSSIVEL.”

(Autor desconhecido)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 9
1.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA EDUCAÇÃO BRASILEIRA..... 9
1.2 A EDUCAÇÃO DO SÉCULO XXI..... 11
1.3 EPIGENÉTICA 12
1.4. HERANÇA EPIGENÉTICA E COMPORTAMENTO..... 16
2. OBJETIVO 19
3. JUSTIFICATIVA 20
4. METODOLOGIA..... 21
5. RESULTADOS 22
5.1 HERANÇA EPIGENÉTICA E SUBSTÂNCIAS PSICOATIVAS..... 22
5.2 HERANÇA EPIGENÉTICA E ESTRESSE 23
5.3 HERANÇA EPIGENÉTICA E A UMA VIDA SAUDÁVEL: ATIVIDADE FÍSICA..... 24
6. DISCUSSÃO 26
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 30
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 32

RESUMO

A fim de mostrar a importância de se compreender o aluno como um todo complexo para um processo de aprendizagem eficaz, reuniu-se pesquisas que mostraram o quanto as influências que uma criança recebe e recebeu, tanto de seu ambiente quanto de seus pais, interferem em seu desenvolvimento social, emocional, comportamental e fisiológico. Para tal, o presente trabalho propôs a epigenética, área da Biologia que estuda a transferência dessas influências através das gerações sem mudança da cadeia de DNA, como uma nova abordagem a ser utilizada em educação a fim de se tornar uma ferramenta para a compreensão de como fatores ambientais, sociais e comportamentais, tanto dos pais como do ambiente escolar, interferem no aprendizado da criança.

Palavras-chave: Epigenética, Educação, Aprendizagem.

ABSTRACT

In order to show the importance of comprehending the student as a complex being to an effective learning process, we assembled researches that showed how the influences that a child received and still receive, as from the environment as from his parentes, can interfere in his social, emotional, behavioral and physiological development. For that, the presente work proposes the epigenetic, a Biology area that studies the transfer of these influences across the generations without changes on DNA molecule, as a new approach to be used in education in order to be a new tool to understand how environmental, social and behavioral factors, as from the parentes as from the school environmental, interferes in the child learning process.

Key words: Epigenetic, Education, Learning.

1. INTRODUÇÃO

O papel da educação escolar é entendido como uma responsabilidade com a formação de cidadãos críticos e capazes de atuar nos acontecimentos políticos econômicos do país, porém muito pouco tem sido investido para que isso ocorra, principalmente pelo fato de que a formação escolar tem sido encarada como algo que irá atender, no futuro, as necessidades de uma sociedade consumista, que conduz a ideia de *status* social (SILVA, 2008). Assim, acabam sendo deixados de lado aspectos fundamentais que devem ser tratados ao longo dos anos escolares, como a saúde dos alunos, não apenas física, mas também psicológica.

Entretanto, a educação escolar não é a única responsável pelos problemas educacionais brasileiros, pois estes se situam na estrutura de funcionamento da sociedade, que está culturalmente acostumada a não ser participativa das tomadas de decisões da escola e muitas vezes não participam dos progressos escolares dos filhos (CARNOY, 2009).

1.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA EDUCAÇÃO BRASILEIRA

Para compreender as relações que compõem a atual situação da educação nacional é necessário remeter ao início da colonização, período chamado de Brasil Colônia, no qual os jesuítas estavam no país com o intuito de catequizar os índios nativos por meio da educação cristã. Pode-se considerar o ensino jesuíta como um primeiro esboço de educação pública, pois estes recebiam subsídio e incentivo da coroa portuguesa (SAVIANI, 2003). Nesta época, já era possível notar a distinção de classes: a elite alfabetizada para usar o raciocínio e ajudar o crescimento do país, enquanto aos índios restava apenas a catequese para que se tornassem

cristãos e mão-de-obra barata (RIBEIRO, 1992).

No decorrer da História, a educação passa a ter grande importância, mais precisamente para os nobres, quando a família real portuguesa transfere-se de Portugal para o Brasil e, por conta disso, o país precisou passar por um crescimento acelerado. Este crescimento aconteceu de forma desordenada, com uma grande parte da população ficando às margens da sociedade. Faculdades, bibliotecas e jornais foram instalados de forma a atender formalmente todas as necessidade da corte portuguesa (RIBEIRO, 1992).

Pouco tempo depois, a corte precisaria retornar ao seu país abandonado, fato que influenciaria a proclamação da república no Brasil em 1822. Assim, o Brasil, sob o regime monárquico, constituiu-se em um estado nacional. A partir de então, em um país com maior autonomia, começam a surgir as primeiras ideias de um plano nacional de ensino que uniformizasse a forma de educar. O ensino já se encontrava dividido em três turnos, com grande foco no ensino profissionalizante. Os planos, objetivos e métodos educacionais precisaram ser revistos para atender à nova nação que surgia de maneira tão desordenada (RIBEIRO, 1992).

Conforme a sociedade brasileira se desenvolvia, a necessidade de uma escola efetivamente pública e de qualidade aumentava. Muitas propostas de reformas surgem com a ideia de expansão do ensino, inclusive culminam com o surgimentos de movimentos organizados que buscam uma melhora na qualidade da educação nacional (SAVIANI, 2003).

Essa explanação do início da construção histórica da educação brasileira pode esclarecer os vestígios de má administração que vemos hoje. O Brasil é um país capitalista que ainda sofre com reflexos dessas primeiras ideias pedagógicas, ainda que, com o seu crescimento, algumas reformas educacionais de fundamental importância tenham ocorrido: foram criadas as Leis de Diretrizes e Bases (LDB), que foi um grande avanço em termos de leis educacionais e delimitou uma política nacional de educação; o Plano Nacional de Educação (PNE), que foi proposto pelo Ministério da Educação (MEC) e, segundo Dermeval Saviani, "(...) Deixam claro os efeitos da determinação estrutural própria da forma social capitalista sobre a política educacional enquanto modalidade da política social[1] que é tratada separadamente da política econômica e a esta está subordinada" (SAVIANI, 2011). Também houve a criação do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (FUNDEB), que é proveniente de impostos arrecadados e transferências do Estado, e destinado a

cada um dos 26 estados e um distrito federal para o desenvolvimento da educação básica brasileira (BRASIL, 2007).

1.2 A EDUCAÇÃO DO SÉCULO XXI

Toda tentativa de explicar fenômenos relacionados a educação, levam à elaboração de concepções que estejam ligadas ao homem e tudo que é externo a ele, como a sociedade na qual ele está inserido, por exemplo. Sempre se buscou associar a necessidade da sociedade à necessidade de escolaridade do homem como sendo, estes dois fatores, dependentes, para que haja ascensão política, econômica e social dentro de um país. A história da educação brasileira, desde o princípio, teve a intenção de obter como resultado principal o controle daquele que era educado (RIBEIRO, 1992). Dentro deste contexto, Dermeval Saviani descreve:

> "Não é de se estranhar, pois, que as necessidades sociais, ao serem levadas em conta seja pela sociedade civil, pela imprensa, por exemplo, seja pela sociedade política cujos encaminhamentos configuram a política social, sempre são analisados sob o crivo da "relação custo-benefício". Assim, os direitos sociais conquistados a duras penas pelo povo brasileiro hoje são classificadas como "custo Brasil". As carências de educação, saúde ou segurança são consideradas seja diretamente como custos, na medida em que impedem ou retardam ou tornam mais onerosos os investimentos no desenvolvimento econômico, seja como custos para a sociedade que, através do Estado, terá que investir recursos para supri-las. E o estado, submetido a essa mesma lógica, tenderá a atrofiar a política social, subordinando-a, em qualquer circunstância, aos ditames da política econômica." (SAVIANI, 2011).

Mesmo com o MEC a frente da organização da política educacional, ainda existe uma descentralização das responsabilidades, associados a apelos à sociedade de modo geral, como a comunidade próxima a escola, para que contribuam no funcionamento deste sistema. "O Estado brasileiro não se revelou, ainda, capaz de democratizar o ensino, estando distante da organização de uma educação pública democrática de âmbito nacional." (SAVIANI, 2003).

Surge assim um ponto importante: o governo procura fazer reformas educacionais condizentes com a realidade, mas para que isso se efetive os pais deveriam participar mais da vida escolar de seus filhos. Entretanto, os pais considerados de classe baixa não possuem

instrução suficiente para isso, ou se essas crianças tivessem a garantia da alimentação todos os dias e não necessitassem trabalhar. Assim, o governo oferece pouco e de forma mal distribuída, enquanto espera que o retorno da sociedade seja produtivo e auxilie no desenvolvimento econômico, o que não acontece (CARNOY, 2009).

Contudo, pouco se compreende sobre a forma como a sociedade poderia efetivamente influenciar na aprendizagem dos alunos. Sabe-se que a participação dos pais neste contexto também é importante, mas isso ainda não foi devidamente esclarecido.

1.3 EPIGENÉTICA

Quando os estudos do monge austríaco Gregor Mendel com cruzamentos entre ervilhas foi exposto, ficou evidenciado através de seus experimentos que determinadas características poderiam ser passadas para a próxima geração, a chamada herança mendeliana. Sabe-se hoje que o material genético é passado para a prole através de genitores de forma sexuada ou assexuada e correspondem aos padrões de distribuição dos cromossomos nos gametas na meiose (GRIFFITHS *et al*, 2008). A herança mendeliana ou genética se refere somente às características transmitidas dos pais a sua descendência por meiose e recombinação, e o DNA é a única unidade responsável pela hereditariedade (BURGGREN & CREWS, 2014).

Quando os genes foram descobertos no cromossomo, a ciência biológica começou a alcançar seu ápice. Os genes afetam praticamente toda a estrutura e função de um organismo. Ser capaz de identificar o papel dos genes é uma etapa importante ao mapear os vários processos subjacentes a determinada propriedade em particular. Desta forma, este papel pode se estender a todos os processos biológicos, com foco para os fisiológicos, como um instrumento importante na determinação de alterações genéticas (GRIFFITHS *et al*, 2008).

As primeiras alterações genéticas descritas se relacionam com as mutações. Algumas mutações foram provocadas em Drosophila (mosca-da-fruta) por volta dos anos de 1920 e 1930, onde indivíduos expostos a fatores que causavam mutações em seu material genético desenvolviam na próxima geração pernas no lugar das antenas e até mesmo outro par de asas, apontando o DNA como sendo o material. Assim, a compreensão de fenômenos genéticos é um enfoque unificador para a compreensão de uma grande variedade de processos na vida de um

organismo em todos os estágios, não apenas durante o desenvolvimento de um adulto a partir de um zigoto (GRIFFITHS *et al*, 2008).

O DNA (ácido desoxirribonucleico), é composto por duas fitas que compõem a dupla hélice e vários arcabouços compostos por açúcar (desoxirribose) e fosfato de onde se estendem as bases nitrogenadas: Adenina (A), Guanina (G), Citosina(C) e Timina(T). O DNA é composto de duas cadeias nucleotídicas mantidas unidas pelo pareamento de A com T e G com C e é reconhecido como sendo o responsável pela síntese de proteínas responsáveis pela manutenção dos processos em um organismo vivo (GRIFFITHS *et al*, 2008).

A molécula de DNA não é estática, ou seja, pode passar por modificações durante a vida de um indivíduo. Um dos mecanismos capazes de modificar o DNA é o processo de metilação, que envolve modificações na estrutura das ligações covalentes do DNA através da ligação de um grupo metil à base citosina do DNA sem alterar sua estrutura básica, ou seja, sem provocar mutação. Este é um processo indispensável e está relacionado com processos de regulação gênica. Quando associada à cromatina inativa, complexo de DNA e proteínas compactadas, a metilação é capaz de silenciar a expressão dos genes. Assim, se o DNA se encontrar hipometilado[1], a cromatina se torna ativa e permite a expressão dos genes. Se o DNA estiver hipermetilado[2], a cromatina se torna inativa e impede a expressão dos genes. É por meio da metilação do DNA que existem alterações na expressão de genes que se tornam herdáveis no decorrer da vida do indivíduo, acontecendo sempre sem interferir na sequência de DNA (MULLER *et al*, 2008).

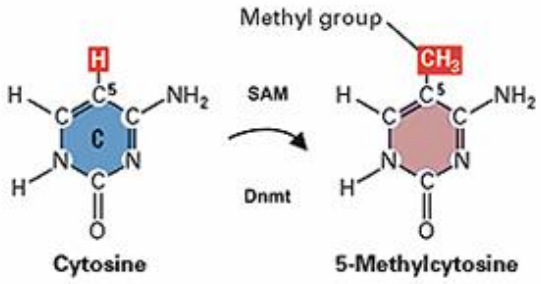

Figura 1: Adição do grupo metil ao carbono 5 através da atividade da DNA metiltransferase (DNMT) (**Fonte:** <http://www.hgu.mrc.ac.uk/people/r.meehan_researchb.html> Acesso em: 05/05/2014)

[1] Hipometilado: DNA com poucas ligações de grupo metil;
Hipermetilado: DNA com muitas ligações de grupo metil (GRIFFITHS *et al*, 2008)

Muito antes dos estudos de Mendel, que acreditou na “herança particulada”, Aristóteles acreditava que o ambiente seria capaz de esculpir o fenótipo dos indivíduos e que estes efeitos eram representados em seus descendentes. Jean-Baptiste Lamarck, em seu livro *Philosophie Zoologique* discursa sobre a herança de caracteres adquiridos, conhecida como “herança branda”, formando assim as primeiras bases para uma compreensão da evolução. Com o Darwinismo, Lamarck foi rapidamente relegado a comentários que desqualificavam suas considerações. Entretanto, tais características descritas por ele em sua teoria da herança dos caracteres adquiridos voltaram a ser discutidas com a descoberta das influências que a metilação do DNA poderia provocar via herança não genética: a epigenética, que trata sobre a influência no fenótipo via modulação da função do gene sem mudanças na cadeia de DNA (BURGGREN & CREWS, 2014).

Para Burggren e Crews (2014), a epigenética pode ser entendida por três diferentes conceitos. O primeiro a descreve como um processo intrageracional, relacionado a processos patológicos e poderia, por exemplo, auxiliar no tratamento do câncer. O segundo a entende como um fenômeno transgeracional (de geração para geração) como um mecanismo de adaptação, com implicações ecológicas e evolutivas. O terceiro conceito a compreende em uma abordagem mais holística, e coloca a epigenética mais como uma perspectiva do que uma coleção de mecanismos através das gerações. As duas primeiras se dão a partir de uma perspectiva médica, enquanto que a terceira, também transgeracional, se baseia nas ciências da vida, como a compreensão de fatores cognitivos. Assim, a epigenética se refere à maneira através da qual o ambiente é capaz de afetar a expressão do genoma durante o desenvolvimento de um indivíduo e, consequentemente, afetar seus descendentes.

A herança epigenética precisa ser levada em consideração, por depender do contexto onde o indivíduo está inserido e por ocorrer em resposta à exposição direta durante seu desenvolvimento ao stress ou a outro fator ambiental e, principalmente, pelo fato de que a modificação epigenética pode persistir e continuar a ser transmitida de geração para geração (BURGGREN & CREWS, 2014).

As alterações epigenéticas podem ser multigeracionais, quando a transmissão é causada por efeitos maternos ou efeitos parentais. Este tipo de herança pode ser revertida quando os fatores responsáveis são removidos ou quando se adiciona algum fator terapêutico, como sugere o conceito intrageracional (BURGGREN & CREWS, 2014).

A epigenética pode ainda ser dividida entre herança epigenética molecular, que se refere a transmissão de informações moleculares através das gerações, via citoplasma de células gaméticas, produzindo alterações no fenótipo sem mudanças na estrutura ou metilação do DNA; ou ser do tipo herança epigenética molar, na qual as propriedades emergentes das mudanças progressivas durante o desenvolvimento, resultantes da influência do ambiente físico e biótico (incluindo o social) no organismo, são transmitidas (fig. 2). Por exemplo, apesar de muitos cantos de pássaros serem espécie-específicos, dialetos geográficos podem ser muito diferentes pois dependem dos produtos ouvidos por cada indivíduo na região em que vive até se tornar adulto (BURGGREN & CREWS, 2014).

Outra variação de herança epigenética dependente do contexto é a que afeta diretamente a linhagem germinativa (óvulos, espermas, células germinativas ou indivíduo em desenvolvimento). Estas células podem ser expostas a substâncias tóxicas, por exemplo, e isto influencia o desenvolvimento normal do organismo de maneira profunda, especialmente em períodos críticos de desenvolvimento, também chamado de janela crítica de desenvolvimento, como, por exemplo, alterações crânio-faciais e cognitivas que uma criança pode desenvolver por episódios de altas doses de álcool da mãe pela manhã (BURGGREN & CREWS, 2014).

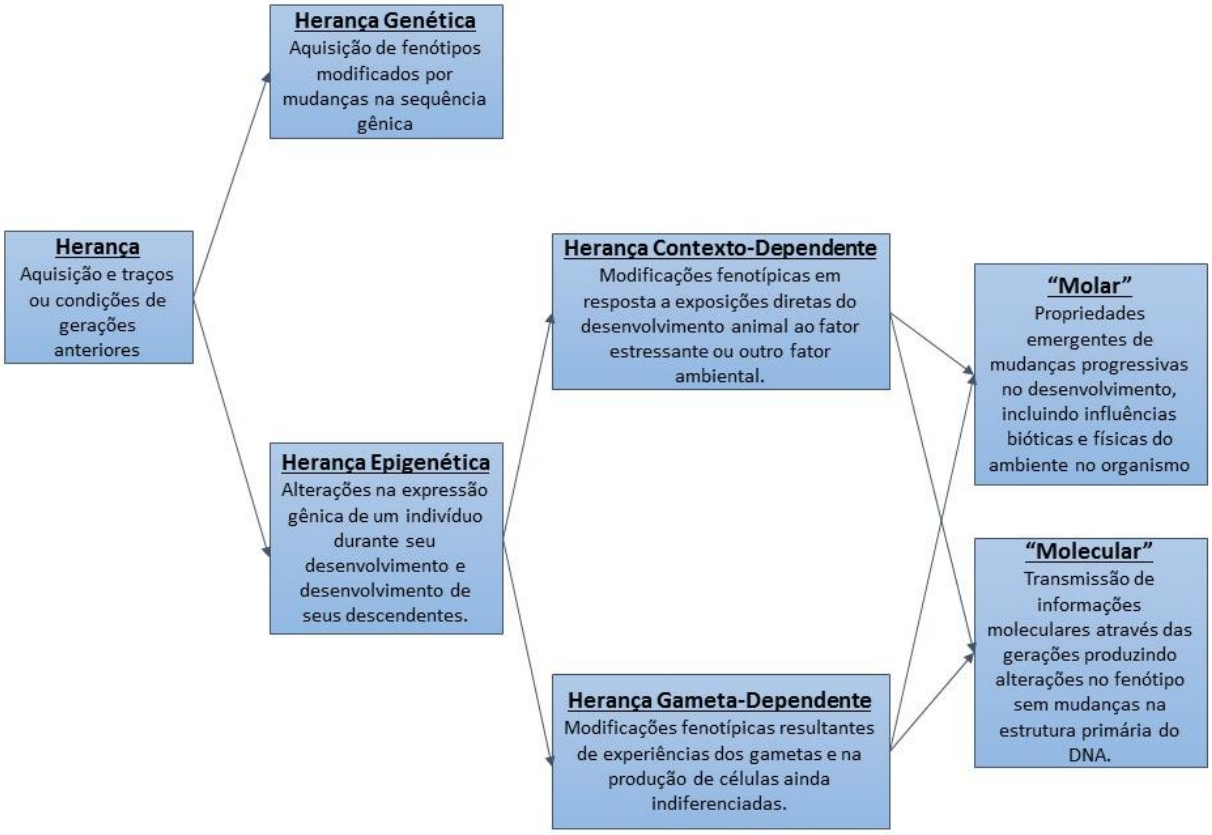

Figura 2: As relações entre, e as definições de, várias formas de herança epigenética.
Fonte: BRUGGREN & CREWS (2014).

1.4. HERANÇA EPIGENÉTICA E COMPORTAMENTO

Para o estudo sobre o desenvolvimento comportamental, a abordagem da história de vida é fundamental. Este tipo de abordagem é capaz de enfatizar a continuidade e a inter-relação das características desenvolvidas entre o ambiente interno e externo em determinado estágio de vida. Assim podemos pensar, por exemplo, no desenvolvimento do cérebro e do comportamento: ambos envolvem dois mecanismos epigenéticos distintos programados, pois dependem tanto do contexto como da linhagem germinativa. As formas mais comuns de dependência do contexto são os "efeitos maternos" ou "efeitos parentais" (devido à recente descoberta apresentadas por Burgreen (2014), em seu artigo, de que as células sexuais masculinas também influenciam na expressão do fenótipo), que é quando além do fato de que o fenótipo de um organismo pode ser

determinado por seu próprio genótipo e das suas experiências com o ambiente, pode ser influenciado também pelo genótipo e ambiente de sua mãe (BURGGREN & CREWS, 2014).

Para Burggren & Crews (2014), essa dependência do contexto ocorre por conta de uma sinalização celular resultante diretamente dos efeitos citoplasmáticos na função celular ou modificações por mecanismos de receptores nucleares, que envolvem ácido ribonucleico mensageiro (mRNA) ou proteínas que a mãe passa aos filhotes pelo óvulo que ela produz. Outro tipo de herança observada é a da linhagem germinativa, na qual os óvulos, espermas, células germinativas ou indivíduos em desenvolvimento são expostos a substâncias tóxicas que influenciam o desenvolvimento normal de maneira profunda, como por exemplo, causando alterações crânio-faciais ou cognitivas, no qual, além da geração exposta diretamente ao fator ambiental causador, até a 5ª geração ainda haviam resquícios, como apontado nos estudos de Skinner (2008 *apud* Burggren, 2014) e nas pesquisas de Weinhold (2012).

Desta forma, a herança epigenética depende do contexto e pode ocorrer em resposta à exposição direta do indivíduo em desenvolvimento ao stress ou a outro fator ambiental. Enquanto o fator responsável pela modificação epigenética persistir, a modificação epigenética será transmitida em cada geração (BURGGREN & CREWS, 2014).

Em humanos, condições ambientais adversas tais como pobreza, stress, álcool, má nutrição, exposição a poluentes gerados pela industrialização, componentes químicos artificiais e o uso de drogas sintéticas podem levar a doenças causadas pela ativação ou inativação de genes específicos. Nutrição e dieta são uma das maiores facetas no metabolismo relacionado à epigenética, no qual nutrientes específicos (epinutrientes) podem estabilizar o genoma, dando funções específicas na metilação do DNA, modificação das histonas e remodelagem da cromatina. Mais ainda, alimentação baseada em itens epi-bioativos podem reverter padrões epigenéticos prejudiciais, não somente na concepção e durante o desenvolvimento fetal e neonatal, mas também na vida adulta (MAZZIO & SOLIMAN, 2014).

Ao contrário de uma estrutura estática do DNA, mudanças epigenéticas são potencialmente reversíveis, aumentando a esperança de intervenções terapêuticas ou nutricionais que possam reverter a programação epigenética deletéria como um meio de prevenir ou tratar a maioria das enfermidades (MAZZIO & SOLIMAN, 2014).

A metilação do DNA vem sendo caracterizada extensivamente ao longo dos últimos 60 anos. Entretanto, a descoberta de sua atuação na regulação de respostas comportamentais trouxe

um novo interesse à área, principalmente referente à possível relação da plasticidade genômica e fenotípica em resposta a pistas ambientais no ambiente natural. Ainda se discute se a metilação do DNA inicia a transição para fenótipos relacionados à sazonalidade e fatores sociais ou se é apenas o resultado de uma assinatura ambiental destes tipos de mudanças (ALVARADO *et al*, 2014). Independentemente da resposta, não resta dúvida de que fatores ambientais e sociais influenciam na transmissão epigenética de determinadas características através das gerações. É por este motivo que a abordagem epigenética precisa ser acrescida das informações da história de vida e do contexto em que o indivíduo está inserido, tornando-se instrumento de estudo que favorecem a compreensão de cada sistema biológico em seu contexto ambiental (BURGGREN, 2014).

Muitos pesquisadores se reúnem tentando encontrar meios para lidar com os problemas educacionais enfrentados em sala de aula diariamente. São muitas perguntas e poucas respostas. Porém, na grande maioria destas questões, um aspecto fundamental da formação da criança é deixado de lado: seus aspectos psicológicos e biológicos. Sendo assim, seria necessário entender primeiro cada aluno individualmente para que as potencialidades de cada um fossem trabalhadas e uma aprendizagem significativa pudesse ser alcançada. Além de entender o ambiente em que este aluno vive, entender como este ambiente o influencia (ou o influenciou) traria respostas a muitas perguntas sobre o modo como ele, aluno, lida ou poderia lidar com o contexto escolar.

2. OBJETIVO

A fim de mostrar a importância de se compreender o aluno como um todo, a partir das influências que ele recebeu e recebe, o presente estudo buscou levantar dados sobre como a epigenética pode fornecer mais informações sobre as influências às quais uma criança é submetida, e que podem interferir diretamente em seu processo de desenvolvimento social, emocional e de aprendizagem, aspectos estes que compõem o processo educacional, propondo assim, uma nova abordagem em educação a ser considerada: a epigenética.

3. JUSTIFICATIVA

Como visto anteriormente, estudos epigenéticos têm permitido a compreensão de diversos processos fisiológicos que ocorrem em diversos grupos animais, principalmente no homem. Tais estudos tem auxiliado pesquisadores a encontrar o melhor caminho para se tratar algumas doenças, como diabetes tipo 2, por exemplo. Sabe-se que alguns genes podem ser ativados ou inativados durante a vida do ser humano por meio de metilações na molécula de DNA, podendo, as características geradas, serem transmitidas para a próxima geração, apresentando sua expressão fenotipicamente.

A perspectiva de que alterações provocadas pelos comportamento dos pais, onde maus hábitos cotidianos podem alterar a expressão de genes a serem transmitidos aos filhos, incluindo hábitos anteriores à concepção, conduz à necessidade de se perceber o ser humano como um todo complexo resultante de um conjunto de fatores que o formaram, e que não estão restritos somente à expressão da molécula de DNA que ele possui. Aspectos sociais, emocionais, fisiológicos se complementam no indivíduo, e todos podem ser transmitidos às gerações seguintes (fig. 02).

Analisados sob este ponto de vista, os cuidados com as crianças deveriam considerar o que há de conhecimento sobre epigenética, pois os comportamentos dos pais não são apenas referências sociais e emocionais para seus filhos, mas também são referências epigenéticas. Conhecer estas referências previamente pode auxiliar no entendimento da criança como um todo, acrescentando mais informações para a compreensão do processo de aprendizagem de cada criança em particular.

4. METODOLOGIA

A pesquisa realizada neste trabalho é de caráter exploratório, pois trata-se de uma investigação bibliográfica (GIL, 2010). Justifica-se então pois este método permite a busca em diversas fontes de dados, como por exemplo, a fonte *Scientific Eletronic Library On-line* (SciELO), livros, teses, dissertações e artigos, lembrando sempre de analisar as fontes, procurando utilizar as chamadas fontes primárias para que se evite dados equivocados que podem ser gerados no momento da reprodução.

A busca pelos artigos relacionados a epigenética e educação ocorreram através de palavras-chave como: educação, saúde, comportamento e epigenética, saúde e epigenética, obesidade e epigenética, metilação do DNA, educação e saúde, diabetes e epigenética, além de resumos e títulos que possibilitaram uma melhor organização dos fatos e seu entendimento, pois puderam facilitar a realização da pesquisa em tempo hábil e a obtenção de resultados satisfatórios (GIL, 2010). Sendo dado foco as pesquisas de 2005 até os dias de hoje.

A organização dos dados da pesquisa bibliográfica aponta a correlação existente entre epigenética e educação, de forma que fica clara a importância do vínculo entre estas duas áreas.

O material documentado, bem como, as respectivas análises, foram organizadas em um relatório de pesquisa componente deste estudo monográfico de conclusão de curso do curso de licenciatura em ciências biológicas.

5. RESULTADOS

A partir das pesquisas realizadas para a composição do presente trabalho, são colocados, a seguir, o que se encontrou sobre a herança epigenética em humanos, com enfoque nas características que potencialmente influenciam o processo de aprendizagem em crianças em idade escolar.

5.1 HERANÇA EPIGENÉTICA E SUBSTÂNCIAS PSICOATIVAS

Segundo Weinhold (2012), em seu artigo *A step learning curve,* há uma variedade de metais, solventes, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP), bisfenol policlorado, entre outros, que possuem potencial para desencadear mudanças epigenéticas.

Experimentos realizados com Bisfenol A, comumente usado em plásticos e resinas, que pode causar a desregulação endócrina, causou alterações comportamentais (de nível social e de expressão gênica) em tecidos cerebrais que levaram a mudanças relevantes na expressão gênica. Ficou comprovado em experimentos com animais que estes efeitos podem se estender a gerações futuras. A prole exposta desde o útero apresentou um comportamento menos social e mesmo a 4ª geração desta, que não havia sido exposta ao bisfenol, ainda sofriam os efeitos: os machos apresentavam menores níveis de transcrição de genes para ocitocina e vasopressina (representam genes alvos de estrogênio que desempenham importantes papéis comportamentais). Um experimento com o fungicida vinclozolin também conduziu aos mesmos resultados, porém, neste caso, as fêmeas apresentaram aumento na ansiedade e os machos uma diminuição neste comportamento e aumento da hiperatividade (WEINHOLD, 2012).

Drogas psicoativas também são estudados pelo potencial de mudança epigenética. A exposição à cocaína causou alterações cerebrais na prole por conta de uma alta taxa de metilação que ocorreu no DNA (WEINHOLD, 2012).

Um estudo sobre a dieta nutricional materna também conduziu a resultados epigenéticos. Algumas ratas grávidas foram expostas a uma dieta deficiente de substâncias como o ácido fólico (doador de metil, grupo responsável pela metilação do DNA) e seus filhotes foram alimentados com ração normal após o desmame. Na idade adulta, as fêmeas de mães da dieta deficiente eram mais adaptáveis a mudanças ambientais com melhores habilidades de aprendizagem, porém apresentaram um aumento na ansiedade. Para Weinhold (2012), "A combinação destas duas características é consistente com a evidência de que o aumento da plasticidade e a ansiedade moderada melhoram a aprendizagem".

5.2 HERANÇA EPIGENÉTICA E ESTRESSE

Alguns eventos que relacionam a exposição gênica a uma vida estressante apresentam efeitos epigenéticos. Uma criança exposta ao estresse, como a morte dos pais ou abandono, abuso ou negligência pelos pais, pode se tornar um adulto com maior taxa de metilação no DNA. Este estudo foi observado em 99 adultos saudáveis que relataram ter sofrido algum tipo de estresse na infância. A proporção da taxa de metilação do DNA nestes adultos estava diretamente relacionada com a quantidade de categorias de estresse sofrida, ainda que idade, sexo, uso de estrogênio (contraceptivos por exemplo), e fatores sócio-econômicos na infância foram considerados como margem de erro para os resultados (WEINHOLD, 2012). Essa descoberta se torna importante pois aponta que mesmo fatores de ordem emocional podem alterar a metilação do DNA, mecanismo epigenético que pode ser passado para a próxima geração.

Um outro estudo acompanhou 25 crianças e adolescentes do sexo masculino, saudáveis, com idade entre 6 e 15 anos, avaliando-os com relação aos níveis de agressão que sofriam por professores. As células T do sangue[2] foram analisadas e as crianças que sofreram mais agressões, após alguns tempo, apresentaram maior metilação no DNA em um *locus gênico* diretamente

[2] As células sanguíneas foram escolhidas pois ainda é impossível estudar as células do cérebro humano vivas. Contudo, a expressão de genes varia entre os tipos diferentes de células brancas do sangue e parte dessa variação pode derivar de mecanismos epigenéticos (WEINHOLD, 2012).

relacionado com menor síntese de serotonina, um neurotransmissor conhecido por desempenhar um papel importante na tomada de decisões (WEINHOLD, 2012). Entretanto, existem outros fatores relacionados a síntese de serotonina no corpo humano, como, por exemplo por hidroxilação[3]. Este estudo é um exemplo de epigenética molar, que trata das propriedades emergentes de mudanças progressivas no desenvolvimento de um organismo, ativadas, neste caso, por fatores do ambiente social.

5.3 HERANÇA EPIGENÉTICA E A UMA VIDA SAUDÁVEL: ATIVIDADE FÍSICA

Em um estudo realizado por EAVES e colaboradores (2012) com crianças pré-adolescentes com idades entre 8 e 12 anos que foram divididos em grupos distintos: um formado por filhos de pais severamente obesos (obesidade grau III) e o outro por filhos de pais normais de acordo com o IMC (índice de massa corporal) de cada um. Cada grupo de indivíduos passou por testes de exercícios físicos e buscou-se determinar a quantidade de ácidos graxos de oxidação de gordura que cada um era capaz de queimar como gasto de energia.

Os resultados apontaram que mesmo as crianças magras com pais obesos apresentavam um prejuízo na utilização de ácidos graxos, mesmo em exercícios considerados de leve moderação. Estas crianças cresceram em um ambiente com fartura de alimentos e pouca atividade física reforçado por uma susceptibilidade epigenética. Como resultado, já no ínicio da vida, pode ocorrer uma deficiência estrutural na energia produzida a partir dos lípidios, que se torna evidente em exercícios de leve moderação que demandam menos energia e, consequentemente, maior proporção de ácidos graxos. Estes fatores poderiam ser influenciados pela expressão gênica e pelo ambiente, contribuindo, assim, para tendência destes a obesidade (EAVES *et al*, 2012).

Os benefícios dos exercícios físicos não se relacionam somente ao tecido nele envolvido, por este motivo são recomendados como tratamento a doenças como obesidade, diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares (CATOIRE et al., 2012). O treinamento atua diretamente na diminuição de expressão de genes relacionados à diabete tipo 2 (LING E GROOP, 2009; CATOIRE et al.,

[3] Hidroxilação: adição de um grupo hidroxila a cadeia de DNA(GRIFFITHS *et al*, 2008).

2012; RÖNN et al., 2013) e obesidade, sem o uso de medicamentos, mesmo havendo um histórico familiar dessas doenças (NITERT et al., 2012).

O quadro abaixo busca estabelecer uma relação entre fator ambiental epigenético e sua influência na aprendizagem a partir do fenótipo exibido, além de sintetizar e relacionar os estudos citados neste trabalho.

FATOR AMBIENTAL	**FENÓTIPO EXIBIDO**	**INFLUÊNCIA NA APRENDIZAGEM**
PSICOTRÓPICOS (Cocaína, Bisfenol A, Ácido Fólico)	Alterações comportamentais, dificuldades em lidar com o ambiente	Ansiedade e hiperatividade
ESTRESSE	Alterações comportamentais, como agressividade e/ou tristeza	Ansiedade e Depressão devido a redução da serotonina
OBESIDADE	Excesso de gordura corporal Diabetes tipo II	Depressão, ansiedade, problemas comportamentais e sociais

Tabela 1: Relação entre fator ambiental e sua influência na aprendizagem a partir do fenótipo exibido.
Fonte: A autora.

6. DISCUSSÃO

Os resultados de experimentos para as drogas psicoativas, como a cocaína, demonstraram que a droga é capaz de atravessar a placenta e atingir o feto produzindo efeitos graves sobre o sistema nervoso central (SNC) e periférico não apenas do feto, mas também da mãe, podendo causar alterações estruturais do SNC, cognitivas e comportamentais (GUARDIOLA, 2001). Tal estudo também mostrou que isto pode levar a alterações comportamentais, como aumento da ansiedade, que podem ser transmitidas de geração a geração. Oliveira & Sisto (2002) esclarecem, em seu artigo sobre a ansiedade na escola:

> A ansiedade é o sentimento que acompanha um sentido geral de perigo, advertindo as pessoas de que há algo a ser temido no futuro. Refere-se a um sentimento de inquietação que pode traduzir-se em manifestações de ordem fisiológica (agitação, movimentos precipitados, hiperatividade) e de ordem cognitiva (atenção e vigilância redobrada a determinação de aspectos do meio, pensamentos de possíveis desgraças, etc.). Essas manifestações podem estar associadas a acontecimentos ou situações de natureza passageira (ansiedade estado) ou constituir uma maneira estável e permanente de reagir, provavelmente com base na própria situação individual (ansiedade traço). Além disso, a sua intensidade pode variar de níveis imperceptíveis até níveis extremamente elevados, capazes de perturbar os indivíduos (OLIVEIRA & SISTO, 2002).

Estudos apontaram que as taxas de metilação no DNA aumentam muito de acordo com situações estressantes pelas quais as crianças passam, influenciam também em comportamentos de ansiedade e diminuem significativamente a produção de serotonina que está diretamente relacionada ao surgimento da depressão. Dentre as principais funções da serotonina, destaca-se a produção das sensações de prazer, alegria e conforto, a regulação dos batimento cardíacos, além

de ser precursora de melatonina, molécula responsável pela regulação do "relógio biológico" (ANDRADE *et al,* 2003). Quando o nível de serotonina diminui, o indivíduo fica triste, sem ânimo e sem energia para a realização de atividades diárias, reações consideradas leves. Seguindo estes apontamentos, Lipp *et al* (2002) constataram em sua pesquisa com 255 adolescentes de 7 a 14 anos:

> "Os sintomas de estresse mais prevalentes em crianças são: aparecimento súbito de comportamentos agressivos que não são representativos do comportamento da criança no geral; desobediência inusitada; dificuldade de concentração, depressão, ansiedade, enurese, gagueira, dificuldades de relacionamento, dificuldades escolares, pesadelos, insônia, birras e até o uso indevido de tóxicos. Dentre os problemas físicos relacionados ao estresse, encontra-se: asma, bronquite, hiperatividade motora, doenças dermatológicas, úlceras, obesidade, cáries, cefaleia, dores abdominais, diarreia, tiques nervosos, entre outros. Os sintomas de estresse infantil não são sempre diagnosticados e pais e professores menos avisados se irritam com a criança que exibe mudanças súbitas de comportamento ou queda do rendimento escolar. A atitude de cobrança dos adultos em situações como esta tende a agravar a situação, pois se torna mais uma fonte de estresse para a criança já confusa e estressada, que não entende o que se passa no seu organismo. (LIPP, 2002)

Tais comportamentos em sala de aula significam desafios para o professor, pois as dificuldades de atenção e a agitação, por exemplo, podem influenciar na capacidade de raciocínio da criança, pois a impede de se concentrar no que está acontecendo naquele momento da aula, dificultando não só o aprendizado, mas também as relações interpessoais no espaço escolar. A partir de uma abordagem epigenética, ao conhecer o histórico dos pais, seria possível antecipar-se estes comportamentos, possibilitando direcionar o cuidado com a criança, criando programas e/ou atividades específicas para o trabalho desses aspectos, além de sensibilizar os pais para uma mudança de hábitos.

Para obesidade, os resultados apontam que mesmo crianças magras de pais obesos apresentavam dificuldades metabólicas na queima de gordura. Um consequente aumento de peso, pode levar estas crianças ao sedentarismo, com grandes chances de desenvolverem diabetes tipo II. Este quadro lhes traria dificuldade para frequentar a escola. Um deles seria a questão da merenda a ser servida, que deverá ser diferenciada. Este é um aspecto delicado, pois a criança não pode se sentir "diferente" e também não deve ser julgada como tal pelas outras crianças. Além disso, é possível que a criança desenvolva a doença ao longo de seu desenvolvimento e, neste caso, a própria merenda poderia contribuir para tal por conta do desconhecimento do histórico

familiar da criança. Mais uma vez, uma abordagem epigenética da criança poderia contribuir tanto para amenizar o problema quanto para evitar o aparecimento da doença.

Crianças obesas têm grande possibilidade de desenvolverem problemas psicológicos e de saúde, como depressão, ansiedade e problemas comportamentais e sociais. Luiz (2005), aponta em sua pesquisa que as crianças obesas são importunadas pelos colegas em sala de aula e menos aceitas do que as crianças consideradas magras. Além disso, elas se sentem insatisfeitas com relação a própria imagem, por se sentirem diferentes das demais crianças, sentem vergonha e acabam participando de poucas atividades. Com o tempo, vão perdendo a vontade de ir à escola. E como se não bastasse, ao longo da vida, o excesso de peso traz outras dificuldades quando adultas, como um baixo índice de emprego, timidez e problemas de relacionamento afetivo.

Sendo a obesidade um fator comprovadamente epigenético, o aconselhamento dos pais é essencial para uma mudança de hábitos alimentares, tanto para a criança que já está na escola, quanto para evitar o mesmo problema em uma nova concepção. No caso da obesidade, ela pode ser revertida adquirindo bons hábitos, como alimentação saudável e exercícios físicos. Sob este aspecto, a escola, a partir de uma abordagem epigenética, poderia detectar, nas crianças com sobrepeso, a causa do problema, além de poder evitar o sobrepeso naquelas propensas a este quadro por conta do histórico dos pais. Desta forma, qualquer ação relacionada à saúde das crianças seria muito mais assertiva.

No caso de crianças que passam por muitos episódios estressantes durante seu desenvolvimento, elas apresentam alterações comportamentais, como agressividade e/ou tristeza desenvolvendo quadros de ansiedade e depressão devido a redução dos níveis de serotonina. Não somente em casa, mas também dentro da escola muitos eventos rotineiros podem ser estressantes para as crianças, como: quando os professores gritam e ficam nervosos; a impaciência e falta de conversa com os alunos; instruções confusas; tarefas em excesso e o estímulo a competição em sala de aula, como apontou um estudo com 66 crianças realizado por Lipp (2002). Na idade adulta estas crianças podem aprender a lidar de maneira inadequada com as situações estressantes que são muitas ao longo da vida.

Contudo, o principal ponto relativo ao estresse na criança é como isto pode ser uma herança epigenética, passando de geração para geração. Se os pais apresentam uma vida estressante, a criança já irá possuir uma grande tendência ao estresse e desenvolverá os sintomas citados. Desta forma, pode-se mais um vez ressaltar a importância de que os pais sejam

conhecidos pela escola e todos os casos considerados problemas estressantes em potencial sejam discutidos pelo corpo acadêmico com objetivo de auxiliar a criança com dificuldades. Além disso, um fator importante a ser considerado é o comportamento dos professores pois, se ela passa por estresse em outros ambientes diferentes de sua casa, quando se tornarem adultas, passarão isto a seus filhos.

Visto que a janela crítica de desenvolvimento, na qual o indivíduo está muito mais sensível às variações do ambiente, coincide com os momentos em que a criança está em idade escolar, os aspectos que influenciam o desenvolvimento da criança citados anteriormente (quadro 1) precisam ser trabalhados pela escola. Desse modo, se a escola conhece o histórico de vida de cada criança, pode desenvolver medidas que superem os problemas da herança epigenética, além de programas de prevenção, que tragam melhorias para a vida de seus alunos.

Uma sugestão seria a realização, no momento da matrícula, de anamnese dos pais e das crianças com pontos relacionados à herança epigenética. De posse dessas informações, seria possível projetar ações que trabalhem os problemas detectados pela anamnese em diferentes momentos, nas diferentes disciplinas que compõem o currículo escolar, ao longo do ano. Neste ponto, ressalta-se também a importância de aliar a área médica à área educacional para que tanto os pais quanto as crianças recebam o atendimento que necessitam para melhorar sua qualidade de vida.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir destes primeiros esboços de um novo olhar para a educação utilizando uma abordagem epigenética pode ser possível favorecer a compreensão da causa dos problemas e, consequentemente, apontar meios e formas de superá-los nas escolas. Desta forma, destaca-se a necessidade de que os pais e profissionais de educação sejam orientados na aquisição deste olhar, que mostra-se imprescindível para a compreensão de diversos fatores que influenciam a aprendizagem da criança, para que também possam modificar seus hábitos. Assim, fica evidente a necessidade de que os pais da criança sejam participantes da rotina escolar, para que sejam conhecidos pela escola, assim como conhecer como estes levaram suas vidas, mesmo antes de terem seus filhos e, com esta informação, ter a condição de desvendar alguns questionamentos sobre a aprendizagem da criança a partir das influências da herança epigenética ao qual está submetido, obscurecida pelo desconhecimento da história pregressa dos pais. Portanto, a escola pode ter a possibilidade de projetar ações de prevenção, ao invés de ser somente reativa aos problemas, diminuindo, desta forma, o estresse da criança, melhorando suas condições de aprendizagem.

Este trabalho propôs um novo olhar para a educação que vincule a educação a necessidade de cuidados com a saúde das crianças como forma de favorecer o aprendizado, por meio de um ramo da genética conhecido como epigenética, que pode permitir a escola compreender o aluno como um todo. Os estudos na área comprovam que a influência de fatores do ambiente, como por exemplo a exposição ao stress, podem alterar a funcionalidade de genes e alguns, quando alterados, podem influenciar o comportamento do indivíduo, podendo torná-lo mais agressivo, alterar a capacidade de raciocínio, tudo isto aliado ao fato de que, não somente o padrão de ativação de genes pode ser transmitido de geração para geração, como também padrões

moleculares presentes no citoplasma das células. A influência dos pais na formação de seus filhos pode ser ainda mais profunda e complexa do que apenas a imitação de comportamentos por parte das crianças, podendo estes comportamentos serem também de antes da concepção, como de gerações anteriores. Ademais, a escola também tem participação no desenvolvimento da criança, no que se refere a propiciar o ambiente adequado à sua formação, principalmente no que tange ao estresse que o ambiente escolar pode propiciar. É sabido que o estresse é um fator epigenético importante, e que, por pesquisas realizadas, não se restringe à geração seguinte, somente, mas pode chegar até à 5ª geração.

Adotar uma abordagem epigenética na educação poderia oferece a chance de compreender em detalhes quais fatores influenciam o comportamento da criança, dando a oportunidade de se trabalhar de forma individualizada, contribuindo para ambientes, momentos e programas que favoreçam a aprendizagem, além de proporcionar suporte ao corpo docente que poderá se antever a problemas que possam surgir. Com esta abordagem, a escola passa de reativa para pró-ativa na resolução dos problemas de aprendizagem.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, V. D. et al. Atuação dos neurotransmissores da depressão. Brasília: Ciências Farmacêuticas, 2003.

ALVARADO, S. et al. **The dynamic nature of DNA methylation: a role in response to social and seasonal variation.** *Integrative and Comparative Biology*, 54(1): 68-76, 2014.

BRASIL. Decreto nº 6.253/2007, 2007. Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação. Disponível em <http://www.fnde.gov.br/financiamento/fundeb/fundeb-apresentacao> Acesso em: 20/05/2013

BURGGREN, W. W. e CREWS, D. ***Epigenetics in Comparative Biology:*** *Why we should pay attention. Integrative and Comparative Biology*, 54(1):7-20, 2014.

CAITORE, M., Mensink, M., Boekschoten, M. V., Hangelbroek, R., Müller, M. *et al*. (2012). ***Pronounced Effects of Acute Endurance Exercise on Gene Expression in Resting and Exercising Human Skeletal Muscle***. PLoS ONE 7(11): e51066. doi:10.1371/*journal.pone*.0051066.

CARNOY, M. **A vantagem acadêmica de Cuba**: Por que seus alunos vão melhor na escola. São Paulo, Ediouro. 16-73, 193-209, 2009.

EAVES A, D. *et al*. *Substrate utilization during submaximal exercise in children with a severely obese parent*. *Nutricion&Metabolism*. 9(38): 1-7. 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ªed. São Paulo. Atlas, 2010

GRIFFITHS, A. F. (*et al).* **Introdução à genética.** 9ºed. Rio de Janeiro: Guanabara kbogan, 2008.

GUARDIOLA, A. Exposição pré-natal à cocaína. *J. Pediatr. (Rio J).* [online]. 2001, vol.77, n.5, pp. 343-344. ISSN 0021-7557. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/jped/v77n5/v77n5a03.pdf >Acesso em: 22/09/2014.

LING, C., GROOP, L. (2009). *Epigenetics: A molecular link between environmental factors and type 2 diabetes. Diabetes*, vol. 58: 2718-2725.

LIPP, M. E. N. *et al.* O estresse em escolares**.** *Psicol. Esc. Educ. (Impr.)* [online]. 2002, vol.6, n.1, pp. 51-56. ISSN 1413-8557. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/pee/v6n1/v6n1a06.pdf > Acesso em: 22/09/2014.

LUIZ, A. M. A. G. *et al*. Depressão, ansiedade e competência social em crianças obesas. *Estud. psicol. (Natal)*, Abril 2005, vol.10, no.1, p.35-39. ISSN 1413-294

MAZZIO, E. A. & SOLIMAN, K. F. A. *Epigenetics and nutritional environmental signals. Integrative and Comparative Biology*, 54(1): 21-30, 2014.

MULLER, H. R., PRADO, R. B. Epigenética: um novo campo da genética. Curitiba, 2008.

NITERT, M. D., et al. *Impact of an exercise intervention on DNA Methylation in skeletal muscle from first relatives of patients with type 2 diabetes*. Diabetes, 2012. Vol. 61: 3322-3332.

OLIVEIRA, S. M. S. S. e SISTO, F. F. Estudo para uma escala de ansiedade escolar para crianças. Psicologia Escolar e Educacional, 2002. Volume 6 Número 1 57-66.

RIBEIRO, M. L. S; **A história da educação brasileira:** A organização escolar. 12ª ed. São Paulo. Cortez. Autores Associados, 1992. 177p.

RÖNN, T., Volkov, P., Davegardh, C., Dayeh, T., Hall, E. et al. (2013). *A Six Months Exercise Intervention Influences the Genome-wide DNA Methylation Pattern in Human Adipose Tissue*. PLoS Geneteics. 9(6): e1003572. doi:10.1371/journal.pgen.1003572

SAVIANI, D. A história da escola pública no Brasil**. Revista de Ciências da Educação**, 2003. p185-201.

SAVIANI, D. **Da nova LDB ao FUNDEB:** por uma outra política educacional. 4ª Edição. Campinas, SP: Autores Associados, 2011. 316p.

SILVA, V. G. Por um sentido público da qualidade na educação. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

WEINHOLD, B. *A Step Learning Curve: Decoding Epigentic Influences on Behavior and Mental Health. Environmental Health Perspectives*, 2012. Vol 120, n 10.