

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Educação

Suelen Moreira de Souza

BNCC E NEUROEDUCAÇÃO:
articulações entre as competências gerais e as neurociências

Belo Horizonte
2024

Suelen Moreira de Souza

**BNCC E NEUROEDUCAÇÃO:
articulações entre as competências gerais e as neurociências**

Dissertação apresentada à Banca de Exame de Qualificação de Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação da PUC-Minas.

Área de Concentração: Currículo: teorias, práticas e políticas educacionais.

Linha de Pesquisa: Conhecimento, Currículo e Tecnologias

Orientador: Prof. Dr. Teodoro Adriano Costa Zanardi

Belo Horizonte

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

S729b

Souza, Suelen Moreira de

BNCC e neuroeducação: articulações entre as competências gerais e as neurociências / Suelen Moreira de Souza. Belo Horizonte, 2024.

146 f. : il.

Orientador: Teodoro Adriano Costa Zanardi

Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Educação

1. Neurociências. 2. Neurociência cognitiva. 3. Aprendizagem. 4. Cognição.
5. Base Nacional Comum Curricular. 6. Currículos. 7. Competências essenciais.

I. Zanardi, Teodoro Adriano Costa. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Educação. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 37.015.3

Suelen Moreira de Souza

**BNCC E NEUROEDUCAÇÃO:
articulações entre as competências gerais e as neurociências**

Dissertação apresentada à Banca de Exame de Qualificação de Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação da PUC-Minas.

Área de Concentração: Currículo: teorias, práticas e políticas educacionais.

Linha de Pesquisa: Conhecimento, Currículo e Tecnologias

Orientador: Prof. Dr. Teodoro Adriano Costa Zanardi

Profº Dr. Teodoro Adriano Costa Zanardi – PUC Minas (Orientador)

Profª Dra. Adriana Gomes Dickman – PUC Minas (Banca Examinadora)

Profª Dra. Fernanda Corrêa Quatorze Voltas Saul Pinto – UFES (Banca Examinadora)

Belo Horizonte, 21 de novembro de 2024

If creation sings Your praises, so will I.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que, através do seu infinito amor, me impulsionou a resistir à luta com a graça de quem já havia vencido.

À minha família, por oportunizar os primeiros passos dessa longa jornada.

Ao Levi, meu marido, por ter sido meu maior crítico e incentivador ao longo deste processo. Sua presença constante, seus conselhos amorosos, seu cuidado contribuíram para a concretização desse sonho.

Ao meu orientador Professor Dr. Teodoro Zanardi, por sua excelência profissional. Sobretudo, agradeço por ser uma pessoa humana, com um coração regado pelo altruísmo. Por sua escuta acolhedora e afável, o meu eterno agradecimento pela imensidão que há em teu ser. Sempre será minha referência.

À Professora Dra. Adriana Hickmann, por sua leveza e respeito durante todo o percurso do mestrado.

Ao Professor Dr. Carlos Roberto Jamil Cury, por seu acolhimento, sensibilidade

À Professora Ma. Andrea Ferreira de Azevedo Almeida, professora da pós-graduação de neurociência, por sua disponibilidade e altruísmo.

Aos professores da Banca Examinadora, por terem feito parte da minha trajetória e pelas contribuições para a pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Educação da PUC-MG, por todas as reflexões oportunizadas.

Aos professores do curso de Pedagogia, por terem contribuído para minha formação profissional.

À Capes, pela bolsa PROSUC II que oportunizou minha formação continuada.

À Aninha, minha amiga-irmã, que sempre se encontra presente nos momentos mais preciosos da vida. Da PUC para a vida.

Aos meus amigos Leandro e Deisy, que compartilharam as dores e amores que perpassaram pelos anos de mestrado. Vocês são os sinônimos do cuidado, da resistência, da força.

Aos meus colegas de mestrado, que dividiram as angústias e as inseguranças, as alegrias e as lágrimas, agradeço a experiência excepcional.

Novamente, a Ele, meu Deus, alicerce da vida. Aquele que proporcionou toda Glória em meu ser. A Tua graça e fidelidade alimentaram minha fé, a Tua coragem que nos liberta e a perseverança que nos alimenta fundamentaram o meu sonho: o mestrado.

Se quer seguir-me, narro-lhe; não uma aventura, mas experiência, a que me induziram, alternadamente, séries de raciocínios e intuições. Tomou-me tempo, desânimos, esforços. Dela me prezo, sem vangloriar-me. Surpreendo-me, porém, um tanto à-parte de todos, penetrando conhecimento que os outros ainda ignoram. O senhor, por exemplo, que sabe e estuda, suponho nem tenha ideia do que seja na verdade — um espelho? Demais, decerto, das noções de física, com que se familiarizou, as leis da óptica. Reporto-me ao transcendente. Tudo, aliás, é a ponta de um mistério. Inclusive, os fatos. Ou a ausência deles. Duvida? Quando nada acontece, há um milagre que não estamos vendo. Fixemo-nos no concreto. O espelho, são muitos, captando-lhe as feições; todos refletem-lhe o rosto, e o senhor crê-se com aspecto próprio e praticamente imudado, do qual lhe dão imagem fiel. Mas — que espelho?

[...] Ainda que tirados de imediato um após outro, os retratos sempre serão entre si muito diferentes. Se nunca atentou nisso, é porque vivemos, de modo incorrigível, distraídos das coisas mais importantes.

[...] E os próprios olhos, de cada um de nós, padecem viciação de origem, defeitos com que cresceram e a que se afizeram, mais e mais.

[...] Os olhos, por enquanto, são a porta do engano; duvide deles, dos seus, não de mim.

[...] Ah, meu amigo, a espécie humana peleja para impor ao latejante mundo um pouco de rotina e lógica, mas algo ou alguém de tudo faz frincha para rir-se da gente... E então?

(ROSA, 1962, p.77-78)

RESUMO

Esta dissertação vinculada à linha de pesquisa Conhecimento, Currículo e Tecnologias do Programa de Pós-Graduação em Educação da PUC Minas e ao Grupo de Pesquisa Currículo Crítico, Educação Transformadora: Políticas e Práticas, investiga as articulações entre as neurociências e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), com especial atenção ao desenvolvimento das competências gerais propostas pelo documento. O objetivo central da pesquisa é analisar como os estudos das neurociências, em especial no campo da neuroeducação, podem contribuir para uma compreensão mais profunda dos processos de aprendizagem e desenvolvimento do sujeito integral, tanto do ponto de vista biológico quanto social, no contexto das diretrizes da BNCC. A pesquisa propõe discutir de que maneira as neurociências podem oferecer uma base para a construção de práticas pedagógicas e colaborar para o desenvolvimento de competências cognitivas, emocionais e socioemocionais. Ao revisar a literatura e documentar os avanços neurocientíficos, o estudo aborda os desafios e oportunidades da aplicação desses conhecimentos na prática docente. A dissertação também se debruça sobre a necessidade de desmistificação dos neuromitos amplamente difundidos. Ao confrontar essas crenças com evidências científicas sólidas, busca-se promover uma compreensão mais precisa do funcionamento cerebral e, conseqüentemente, contribuir para a construção do desenvolvimento das competências gerais da BNCC. Por fim, a pesquisa ressalta que, apesar das contribuições teóricas das neurociências para a educação, sua incorporação nas políticas educacionais, como a BNCC, ainda é insuficiente e requer maior atenção e aprofundamento. Assim, o trabalho defende que o diálogo entre neurociências, neuroeducação e currículo é uma via promissora para o desenvolvimento de uma educação mais inclusiva, crítica e transformadora, que valorize tanto o desenvolvimento cognitivo quanto o socioemocional dos estudantes.

Palavras-chave: Neurociência; neuroeducação; BNCC; Competências gerais.

ABSTRACT

This dissertation, developed within the research line *Knowledge, Curriculum, and Technologies* of the Graduate Program in Education at PUC Minas and affiliated with the Research Group *Critical Curriculum, Transformative Education: Policies and Practices*, investigates the intersections between neuroscience and the *Base Nacional Comum Curricular* (BNCC), with particular emphasis on the development of the general competencies proposed by the document. The primary objective of this study is to analyze how findings from neuroscience, especially in the field of neuroeducation—can contribute to a deeper understanding of learning processes and the development of the integral subject, from both biological and social perspectives, within the framework of the BNCC guidelines. The research seeks to discuss the ways in which neuroscience can provide a foundation for the construction of pedagogical practices and support the development of cognitive, emotional, and socio-emotional competencies. Through a comprehensive literature review and documentation of neuroscientific advances, the study addresses the challenges and opportunities associated with the application of such knowledge in teaching practice.

The dissertation also focuses on the need to demystify widely disseminated neuromyths. By confronting these misconceptions with robust scientific evidence, the research aims to foster a more accurate understanding of brain functioning and, consequently, to contribute to the development of the general competencies outlined in the BNCC. Finally, the study underscores that, despite the theoretical contributions of neuroscience to the field of education, its incorporation into educational policies—such as the BNCC—remains insufficient and demands greater attention and further development. Thus, this work argues that the dialogue between neuroscience, neuroeducation, and curriculum represents a promising path toward a more inclusive, critical, and transformative education—one that values both cognitive and socio-emotional development in students.

Keywords: Neuroscience; Neuroeducation; BNCC; General competencies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Organograma de orientação para buscas	40
Figura 2 - Esquema dos itens desejados para busca	41
Figura 3 - Esquema dos itens indesejados para busca	41
Figura 4 - Termos-chave utilizados na busca	42
Figura 5 - Mapeamento da pesquisa	45
Figura 6 - Esquema ilustrativo do desenvolvimento neural humano	53
Figura 7 - Ilustração das subdivisões do encéfalo	54
Figura 8 - Telencéfalo em visão superior	55
Figura 9 - Sistema nervoso central	57
Figura 10 - Sistema nervoso periférico	58
Figura 11 - Sistema nervoso central	59
Figura 12 - Formação dos hemisférios cerebrais	60
Figura 13 - Estrutura de um neurônio	62
Figura 14 - Tipos de neurônios	62
Figura 15 - Representação do encéfalo humano	83
Figura 16 - Representação do cérebro do cão (animal quadrúpede)	83
Figura 17 - Ilustração da estrutura do encéfalo com visão medial e corte sagital	97
Figura 18 - Organização anatômica dos lobos cerebrais	98
Figura 19 - Estudos do cérebro da neurociência do século 19	103
Figura 20 - Mapa citoarquitetônico de Brodmann do córtex cerebral humano	104
Figura 21 - Estudos modernos do encéfalo	105
Figura 22 - Atividade neural de estudos neurolinguísticos	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de referências encontradas

44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Aspectos orientadores para a pesquisa	21
Quadro 2 - Competências Gerais da Educação Básica	32
Quadro 3 - Estudos sobre as neurociências na educação e a BNCC	46
Quadro 4 - O encéfalo e as relações com a aprendizagem	99
Quadro 5 - Competências Gerais da BNCC	107

LISTA DE SIGLAS

BDTD	Biblioteca Digital de Teses e Dissertações
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DNA	Ácido desoxirribonucleico
EBE	Educação baseada em evidências
ERIC	Educational Resources Information Center
FE	Funções executivas
IM	Inteligências Múltiplas
LSTM	Long Short-Term Memory (memória de longo prazo)
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MG	Minas Gerais
PUC Minas	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
QI	Quociente de inteligência
RNNS	Redes recorrentes
RS	Rio Grande do Sul
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
SNC	Sistema Nervoso Central
SNP	Sistema Nervoso Periférico
TEA	Transtorno do Espectro Autista

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Metodologia	22
2 NEUROCIÊNCIAS, CURRÍCULO E BNCC: ARTICULAÇÕES E ENCONTROS	27
2.1. Por uma articulação do currículo, da BNCC e das competências com a neurociência	27
2.2. Em busca da compreensão das relações e articulações entre BNCC e Neurociências: um estado da arte	36
2.3 Síntese e diálogos sobre os resultados	47
3 DAS BASES NEUROBIOLÓGICAS DA APRENDIZAGEM À BNCC	52
3.1 “Começando do início”: o ser biológico	52
3.2 A aprendizagem e o ser biosocial	63
4 SER INTEGRAL, NEUROEDUCAÇÃO E CONHECIMENTO	74
4.1 A pessoa humana: um ser sócio-biológico	75
4.2 Educação e epigenética: um diálogo iniciativo	90
5 AS NEUROCIÊNCIAS NA CONSTRUÇÃO DAS COMPETÊNCIAS GERAIS DA BNCC	96
5.1. Associando as competências e as funções neurobiológicas	96
5.2. Contribuições das neurociências ao desenvolvimento competências gerais da BNCC	115
CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
REFERÊNCIAS	135

1 INTRODUÇÃO

A educação é uma ciência que perpassa por diversas áreas que contribuem para o processo de desenvolvimento do sujeito. Desse modo, não há como reduzir a definição de educação em apenas um ensino sistematizado e/ou num processo circunscrito nas influências socioculturais em que o ser humano se relaciona. De fato, a educação está presente para além dos muros das escolas e ações reguladas; a educação envolve o diálogo da relação entre o educador, educando, o mundo externo e as culturas que esses sujeitos estão inseridos. Para além do ato de ensinar, a educação torna-se uma sapiência não simétrica, dado que o modelo ideal do ato de educar e de educação perpassa pela singularidade do ser (Brandão, 1984).

Em consideração a isso, a ideia deste ainda projeto teve início no ano de 2018, durante as aulas da pós-graduação de Neurociência e Educação: bases neurofisiológicas do aprendizado, ofertado pela PUC Minas. O interesse e a intenção em correlacionar os estudos das neurociências e a BNCC ganharam força ao serem colocados em prática os conhecimentos neurocientíficos no exercício da minha trajetória profissional. Em 2020, apresentei o Trabalho de Conclusão de Curso da pós-graduação, intitulado “As contribuições das neurociências para o desenvolvimento das dez competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC)”.

No período de 2020 a 2023, as neurociências esteve presente na minha atuação como professora profissionalizante, onde trabalhei no segmento da inclusão de pessoas com deficiência psicossocial no mundo do trabalho. Nesse período estive imersa na sensibilidade ética, no respeito incondicional por aqueles jovens e adultos que viviam à margem da sociedade, devido suas condições psíquicas. Tal período oportunizou ver um mundo perverso, um mundo da exclusão social de pessoas desempregadas a longo tempo, envoltos por estigmas sobre as deficiências psicossocial; pessoas violentadas e desumanizadas pela grande massa da sociedade.

Conjuntamente, avistava um mundo que poderia ser mudado por uma educação transformadora, utópica, mas possível ao meu olhar. Alicerçada em uma educação libertadora, juntos aos educandos, descortinamos as opacidades do mundo opressor que essas pessoas viviam há anos. Durante esses anos, em

específico de 2020 a 2022, parti da premissa da pluralidade da educação que estava diante dos meus olhos; os via e ouvia como eram e como queriam ser. Foi por meio dos estudos das neurociências, dos diálogos e do desenvolvimento da consciência crítica que conseguimos juntos, educadora-educandos, caminharmos ao encontro da esperança. Tínhamos uma máxima da obra de Paulo Freire, *Pedagogia do Oprimido*, que nos conduzia: "somente quando os oprimidos descobrem, nitidamente, o opressor, e se **engajam na luta organizada por sua libertação**, começam a crer em si mesmos, superando, assim, sua "convivência" com o regime opressor" (Freire, 2014, p. 72) (grifos nossos). Nesse período, a educação esteve pautada na humanização, possibilitando o reconhecimento da identidade de serem quem eram e de suas condições, sendo atores protagonistas de seus posicionamentos no mundo e na própria vida.

Em 2023 iniciei a trajetória na atuação como docente na rede pública do ensino básico, de uma região metropolitana de Belo Horizonte. Atuei como professora no 4º ano do ensino fundamental dos anos iniciais e atualmente como professora do 2º período da educação infantil. Nesse cenário, o mundo e a educação encontram-se no misto de opressão, oprimidos, resistência e luta. Em um sistema regado pelo coronelismo, a visão de mundo fica turva e a educação é revestida de opressores e oprimidos.

Todavia, atuo encorajada pela resistência de acreditar em uma educação que emancipa, que conscientiza e possibilita a criatividade e expressividade das crianças. Diante disso, me aprofundei nos estudos das neurociências para compreender a influência do cenário social predominante da região e os impactos das vulnerabilidades no processo educacional dos educandos, assumindo a postura que a "responsabilidade ética, política e profissional do ensinante lhe coloca o dever de se preparar, de se capacitar, de se formar antes mesmo de iniciar sua atividade docente" (Freire, 1997, p. 19).

Mesmo em uma trajetória árdua de ser professora, anseio por um mundo que respeite as existências, proporcionando aos sujeitos uma consciência de si e do mundo. A quimera como solução são.

Desde então, a temática neurociências e o eixo das discussões da teoria de currículo permitiu emergir, questões que perpassam pelas políticas educacionais (no aspecto da BNCC), pelo desenvolvimento e o reconhecimento do ser humano como ser biológico e social. Durante essa trajetória, o projeto ganhou novas roupagens a

partir dos debates no Mestrado do Programa de Pós-graduação em Educação da PUC Minas ao compreender melhor as políticas públicas educacionais, o desenvolvimento da subjetividade do sujeito integral e as disputas que se fazem presentes no campo do currículo da BNCC.

Tendo em vista os aspectos apresentados, sobre a intenção em aprofundar estudos acerca da temática neurociência e BNCC, a princípio, o pensamento seria uma pesquisa de cunho bibliográfico, relacionado com o campo de pesquisa. *A priori*, tínhamos o desígnio de apresentar a seguinte indagação: se consideramos a importância do diálogo entre neurociências e educação, como não idealizar tal projeto para além do cunho teórico? Diante da questão levantada durante a pesquisa e levando em conta a minha formação como Pedagoga, chegamos à proposta, inicialmente, de realizar a pesquisa no seguimento do Ensino Fundamental dos Anos Iniciais. Considerando os cinco primeiros anos do seguinte a ser pesquisado, a pesquisa contaria com cinco professores, representando cada ano do Ensino Fundamental dos Anos Iniciais, ao longo de cinco encontros, equivalente às dez competências gerais da BNCC. Dessa maneira, a pesquisa aconteceria com os professores em uma escola particular, localizada na cidade de Contagem – Minas Gerais (MG).

Não obstante, durante a trajetória da elaboração da dissertação, dos estudos de teorias e autores, levantamentos e pesquisas bibliográficas, orientações e do parecer para a qualificação, chegamos às seguintes questões: os profissionais da educação participantes da pesquisa conseguiriam compreender as demandas que apresentaríamos da área de pesquisa? Ir ao campo, apresentando o diálogo das neurociências em consonância com a BNCC, encontraríamos o entendimento da proposta da pesquisa?

Diante das inquietações, fez-se possível conjecturar que um diálogo teórico na presente pesquisa proporciona contribuições de estudos para a BNCC e para a neuroeducação. Além disso, levamos em conta o próprio desenvolvimento da temática, pensando que se já estivéssemos há dez anos da BNCC, tal discussão poderia estar mais sedimentada. Outrossim, mesmo que a presença efetiva de pesquisas sobre educação, didáticas pedagógicas, metodologias, ensino-aprendizagem, nota-se certa ausência da correlação entre a educação e as neurociências no campo educacional.

Compreendendo que o encéfalo pode ser considerado o "órgão" que processa a aprendizagem, deparamos com fontes de pesquisas moderadas relacionando neurociências e o processo de aprendizagem do cérebro. Todavia, mesmo com as notórias contribuições das neurociências para a educação, os programas de formação de diversos países não abordam a neurociência para o ensino-formação dos futuros docentes (Coch, 2018).

Posto isso, o percurso da pesquisa foi traçado para apresentar as contribuições das neurociências no campo teórico, dos estudos e pesquisas. Nestas perspectivas, buscamos trazer os aspectos de análises de conexões de estudos/pesquisas entre as neurociências e o processo de aprendizagem.

Não obstante, torna-se importante reconhecer que incorporar as dez competências gerais da BNCC, as neurociências e a neuroeducação, eixos estruturantes, direitos e campos de experiências no cotidiano da escola, possibilitaria abrir o espaço de fala para os protagonistas do âmbito educacional: os professores. Todavia, reconhecemos que o campo teórico viabiliza articulações mais concisas sobre a neuroeducação, neurociências e BNCC.

A proposta pesquisada aborda temas relevantes para o âmbito educacional e para a formação do ser humano em desenvolvimento. Ao se direcionarmos para a temática das neurociências, encontram-se estudos na esfera biológica, como também a relação da neurociência com o processo de aprendizagem de sujeitos com transtornos do neurodesenvolvimento, por exemplo. Claro que não olvidamos que, há eminentes estudos neurofisiológicos e neurobiológicos que buscam explicar como ocorre o desenvolvimento e a aprendizagem em cérebros atípicos, o que corrobora para prática docente frente à diversidade e diferenças existentes no âmbito escolar.

Ao evidenciar a BNCC, apontamos os debates sobre currículo, seus elementos culturais e sociais atuantes na formação do sujeito, tal qual o seu território de constante disputa. Realizar tal interlocução reitera o dinamismo do conhecimento educacional, como salienta Arroyo (2013) ao dizer que

[...] o campo do conhecimento se torna mais dinâmico, mais complexo e mais disputado. Não estamos apenas em uma cultuada sociedade do conhecimento, mas em uma acirrada disputa pelo conhecimento, pela ciência e tecnologia. Estamos ainda em uma contenda por interpretações e epistemologias capazes de entender as condições do social e de fundamentar outros projetos de sociedade, de cidades, de campo, de um

viver mais digno e mais humano. O campo do conhecimento e da ciência repolitizado (p.14).

No que tange ao fetiche¹ presente no contexto das teorias do currículo, não se faz presente o pensamento de apresentar estruturas curriculares ingênuas, junto ao fascínio das neurociências, buscando velar a pluralidade do ser humano, as diversidades das instituições educacionais e das contradições existentes no processo de ensino-aprendizagem.

O conceito de fetiche tem o condão de nos ajudar a compreender soluções, campos do conhecimento e ações que se apresentam como milagrosas, descoladas da complexidade da realidade. Nesse caso, a palavra "fetiche" se vincula a sua raiz etimológica, feitiço, magia. Sendo assim, sob uma perspectiva crítica, o fetiche age em prol do encobrimento da realidade. Isso proporciona um disfarce ou esconde os fatores sociais, econômicos e políticos que influenciam o sucesso da educação, tais como as condições de trabalho dos professores, a desigualdade de acesso ou a falta de infraestrutura.

Reunir concepções do currículo – aqui extraídas da Base Nacional Comum Curricular –, e as neurociências, cria-se um campo de disputa que enfeitiça, leva ao deslumbre, que agrada e encanta, como fundamento Silva (2010). Silva (2010) aduz que "o fetichista, social ou cultural, cria algo a que atribui poderes extraordinários ou que sobrevaloriza, esquecendo-se, depois, de que o fetiche é sua própria criatura. O fetichismo envolve, pois, um ato de criação e um ato de des-reconhecimento" (p. 96).

Destarte, o distanciamento do encantamento pelas neurociências nos distancia do risco dos neuromitos presentes no cotidiano do senso comum. À semelhança, olhar a BNCC sem o perfume ilusório de que um documento normativo seria o suficiente para processo educacional nos leva ao encontro da desfetichização².

Considerando tais perspectivas até aqui apresentadas, essa dissertação indaga sobre as seguintes inquietações: Se a BNCC visa assegurar o desenvolvimento de dez competências gerais, considerando aspectos cognitivos e

¹ A característica comum mais saliente entre os três fetichismos – o antropológico, o marxiano e o freudiano – é, evidentemente, **a materialidade** do fetiche. [...] Além disso, os três fetichismos dependem de um processo de **supervalorização de seus objetos**. (Silva, 2010, p. 95) (grifo nosso)

² Para Tomaz Tadeu da Silva, "a desfetichização supõe, assim, um ato de esclarecimento, de conscientização, de revelação, de re-conhecimento (2010, p. 96)".

socioemocionais, por qual motivo as neurociências não são o esteio para a concepção de tais competências? Se estamos falando de sujeitos integrais em desenvolvimento, o que leva a palavra neurociência aparecer apenas no segmento do ensino médio, como conhecimentos conceituais das ciências da natureza e suas tecnologias, sendo a BNCC um documento norteador curricular nacional?

Partindo dos aspectos apresentados no entrecho introdutório, os objetivos estão voltados para a compreensão e a relação das contribuições das neurociências no âmbito da educação (neuroeducação), do currículo e sobretudo, no documento de caráter norteador normativo regente no campo educacional do Brasil: a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O objetivo geral da pesquisa, desse modo, é analisar as articulações das neurociências no desenvolvimento e na aprendizagem do sujeito, sobretudo das competências gerais da BNCC.

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- relacionar os estudos das neurociências no processo de aprendizagem do cérebro³;
- descrever as bases neurobiológicas envolvidas no processo de desenvolvimento das competências gerais presentes na BNCC;
- identificar como os princípios das neurociências se relacionam no campo da educação à construção das competências gerais da BNCC;
- apresentar estudos da epigenética à luz da educação, relacionando-os com a BNCC.

Sendo assim, a presente dissertação trata sobre currículo à luz da Base Nacional Comum Curricular, alicerçada nos conhecimentos das neurociências, da neuroeducação e seus possíveis diálogos.

Com o intuito de envolver os objetivos com os aspectos metodológicos da pesquisa, criou-se uma organização reunindo os aspectos orientadores para a pesquisa, representado pelo Quadro 1.

³ Mencionamos cérebro, por se aproximar de uma linguagem mais familiar para o leitor. Contudo, faz-se necessário considerar que o processo de aprendizagem acontece no encéfalo, onde temos o cérebro, cerebelo e tronco encefálico. Torna-se necessário salientar a necessidade de diferenciar e informar tais nomenclaturas, para não ocorrer a decomposição do sistema nervoso central. Durante toda a escrita, há o uso das duas nomenclaturas: encéfalo e cérebro, otimizando a leitura para o leitor. No capítulo 5, a temática será apresentada com maiores detalhamentos.

Quadro 1 - Aspectos orientadores para a pesquisa

Objetivo Geral	Objetivos Específicos	Questionamentos	Aspectos de Análises	Procedimentos e Instrumentos Metodológicos
Analisar as articulações das neurociências no desenvolvimento e na aprendizagem do sujeito, sobretudo das competências gerais da BNCC.	Relacionar os estudos das neurociências no processo de aprendizagem do cérebro.	<ul style="list-style-type: none"> - Os estudos neurocientíficos articulam com o processo de aprendizagem do cérebro humano, considerando como o cérebro aprende? - Durante o processo de desenvolvimento do sujeito há aspectos das neurociências? 	<ul style="list-style-type: none"> - Concepção de neurociências no plural; - Objetivo das neurociências no aprendizado do cérebro biológico e social. 	Revisão bibliográfica.
	Descrever as bases neurobiológicas envolvidas no processo de desenvolvimento das competências gerais presentes na BNCC	<ul style="list-style-type: none"> - É possível identificar conceitos neurobiológicos no seguimento das competências gerais da BNCC? 	<ul style="list-style-type: none"> - O processo neurobiológico do aprendizado; - Aspectos das neurociências presentes na BNCC. 	Revisão bibliográfica.
	Identificar como aos princípios das neurociências se relacionam no campo da educação à construção das competências gerais da BNCC	<ul style="list-style-type: none"> - De que forma os princípios das neurociências aplicadas na educação corroboram para o desenvolvimento das competências gerais da BNCC? - As neurociências aplicadas na educação articulam para a contemplação de um currículo para o desenvolvimento do sujeito integral? 	<ul style="list-style-type: none"> - Conexões de estudos/pesquisas entre as neurociências como contribuição para o processo de aprendizagem; - Aspectos das neurociências e da neuroeducação; - As neurociências como reforço das políticas públicas educacionais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análise de documentos; - Revisão bibliográfica.
	Apresentar estudos da epigenética à luz da educação, relacionando-os com a BNCC.	<ul style="list-style-type: none"> - É possível abordar os estudos da epigenética, no contexto educacional e do currículo? 	<ul style="list-style-type: none"> - Relação do sujeito biológico e social. - Objetivo da epigenética na educação; 	Revisão bibliográfica.

Fonte: Elaborado pela autora

1.1 Metodologia

O caminho da pesquisa e os aspectos para o aprofundamento das temáticas propostas viabiliza trilhas mais pertinentes para a busca do saber científico. Em conformidade com os processos fundamentais para a estruturação e realização da pesquisa, a metodologia fomenta o olhar crítico para a escrita e investigação. Partindo dessa visão, faz-se necessário apresentar a concepção de pesquisa, que orientaram os trajetos da dissertação. O ato de pesquisar nos endereça

[...] a atividade básica da ciência na sua indagação e construção da realidade. É a pesquisa que alimenta a atividade de ensino e a atualiza frente à realidade do mundo. Portanto, embora seja uma prática teórica, a pesquisa vincula **pensamento e ação**. Ou seja, nada pode ser intelectualmente um problema se não tiver sido, em primeiro lugar, um problema da vida prática. As questões da investigação estão, portanto, relacionadas a interesses e circunstâncias socialmente condicionadas. São frutos de determinada inserção na vida real, nela encontrando suas razões e seus objetivos (Minayo, 2015, p. 16) (grifo nosso).

Ao referir o ser humano como ser biológico e social, sugere-se um olhar para a diversidade de fenômenos educacionais e a multiplicidade presente em cada sujeito que compõem esse espaço. Deste modo, objetivamos pela cisão do olhar estático, optando por uma pesquisa qualitativa, visto que tal vertente possibilita perceber a pluralidade do ser biológico, assim como a visão pelo sujeito sociocultural. A intencionalidade de uma pesquisa qualitativa é de “traduzir e expressar o sentido dos fenômenos do mundo social, reduzindo a distância entre indicador e indicado, entre teoria e dados, entre contexto e ação” (Bogdan; Biklen, 1994, p. 47).

A abordagem qualitativa possibilita o estudo dos eventos das condições educacionais, socioculturais e até mesmo, do sujeito neurobiológico. Sob o ponto de vista de Gil (2021)

[...] mediante um processo não matemático de interpretação, descobrir conceitos e relações entre os dados e organizá-los em um esquema explicativo. Trata-se, portanto, **de uma modalidade de pesquisa de caráter essencialmente interpretativo**, em que os pesquisadores estudam coisas dentro dos contextos naturais destas, tentando entender ou interpretar os fenômenos em termos dos significados que as pessoas lhes atribuem (Gil, 2021, p. 16) (grifo nosso).

A abertura para as múltiplas dimensões e o reconhecimento das diversidades contextuais do campo de pesquisa nos leva ao encontro das perspectivas da pesquisa qualitativa. Yin (2016) anuncia que umas das características da pesquisa qualitativa visa “contribuir com revelações sobre conceitos existentes ou emergentes que podem ajudar a explicar o comportamento social humano” (p. 22).

Com base no que nos aponta Yin (2026), é crível dizer que ao buscar estudos para a compreensão do processo de aprendizagem do cérebro humano à luz da BNCC, fez-se possível notar as lacunas de pesquisas da relação dos temas neurociências e BNCC. Nesse ponto, a presente pesquisa encaminha ao encontro de uma pesquisa exploratória, devido aos *insights* que visam suprir os lapsos das pesquisas entre neurociências e currículo. Sob o ponto de vista de Gil (2022), “as pesquisas exploratórias têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito” (p. 42). De outro modo, Gil (2019) reforça que “este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado” (p. 26). Dessarte, o atual estudo propõe apresentar o diálogo as competências gerais da BNCC e as contribuições das neurociências.

Com o intuito de fomentar a pesquisa qualitativa, institui-se a pesquisa bibliográfica como aporte para o desenvolvimento metodológico da pesquisa. Com o escopo de “conhecer as diferentes formas de contribuição científica que se realizaram sobre determinado assunto ou fenômeno” (Oliveira, 1997, p. 119), a pesquisa bibliográfica é de suma importância para compreender como encontram-se os assuntos e pesquisas científicas no viés exibido nesta pesquisa.

Por abranger novos postulados sobre a temática aqui proposta, a pesquisa bibliográfica apresenta-se com a finalidade de “colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto” (Marconi; Lakatos, 2012, p. 57). Dessa forma, a pesquisa bibliográfica não é uma recorrência de ditos e escritos produzidos já existentes, mas sim “propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras” (Marconi; Lakatos, 2012, p. 57). As ideias de Severino (2016) reforçam as conclusões de que

[...] a pesquisa bibliográfica é aquela que se realiza a partir do registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc. Utiliza-se de dados ou de categorias teóricas já trabalhados por outros pesquisadores e devidamente registrados. Os

textos tornam-se fontes dos temas a serem pesquisados. O pesquisador trabalha a partir das contribuições dos autores dos estudos analíticos constantes dos textos. (p. 131).

Sendo assim, empenhou-se na análise bibliográfica, tendo em vista, a possibilidade de aprofundar no contexto das neurociências e da BNCC.

Com o propósito de compreender as competências e suas implicações, a pesquisa contará com o aporte da pesquisa documental, com o intuito de complementar as estratégias metodológicas. Para Lira (2014), a pesquisa documental “tem como base de referência os documentos oficiais, ou seja, estatutos, regulamentos, atas, arquivos” (p. 23).

Isto posto, a leitura dos documentos oficiais e norteadores da educação brasileira deve ser realizada com cautela e olhar crítico, visto que, as propostas curriculares “prescrevem objetivos e conteúdos a serem desenvolvidos, contudo, também carregam em si concepções de currículo e de perfis de docente” (Ribeiro, 2016, p.43) que lecionam no espaço educacional. O autor ainda salienta que em suma, “os documentos não são neutros, mas também não falam por si só, carecem de interpretação, de modo a desvelar o que superficialmente pode não saltar à vista” (p.43).

Sob o ponto de vista de Severino (2016) alude que

[...] tem-se como fonte documentos no sentido amplo, ou seja, não só de documentos impressos, mas sobretudo de outros tipos de documentos, tais como jornais, fotos, filmes, gravações, documentos legais. Nestes casos, os conteúdos dos textos ainda não tiveram nenhum tratamento analítico, são ainda matéria-prima, a partir da qual o pesquisador vai desenvolver sua investigação e análise. (p. 131).

Tal como exposto por Severino (2016), a pesquisa requer a contribuição da análise documental para investigar as nuances do currículo na BNCC, visando extrair informações que corroboram para o cumprimento dos aspectos de análises apresentados no Quadro 1. Trazendo a perspectiva da não-neutralidade, mas munida da fidedignidade da pesquisa, o contexto dialógico entre as neurociências está vinculado a demarcar esse espaço de disputa e superar as características normativas hegemônicas existentes na BNCC, sobretudo nas competências gerais; assim como romper com a visão da neurociência voltada tão somente ao ser biológico. Desse modo, a pesquisa se desenvolveu com um procedimento

metodológico com leituras cuidadosas, construindo tópicos de análise e diálogo entre as teorias.

Assim sendo, a dissertação é composta por cinco capítulos; sendo o primeiro capítulo introdução, integrado com o quadro orientador da pesquisa e a metodologia. O segundo capítulo, *Neurociências, currículo e BNCC: articulações e encontros*, aborda a relação entre as neurociências, o currículo escolar e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O objetivo principal é estabelecer um marco teórico que permita analisar como as descobertas sobre o funcionamento do cérebro podem contribuir para o desenvolvimento das competências gerais propostas pela BNCC. Os autores argumentam que a construção de uma educação integral, que valorize tanto os aspectos biológicos quanto os sociais do indivíduo, exige uma compreensão profunda da relação entre o cérebro e a aprendizagem. Para isso, o capítulo realiza uma revisão da literatura, buscando identificar estudos que articulam as neurociências com o currículo e a BNCC. Ao analisar esses estudos, os autores buscam construir um estado da arte sobre o tema, evidenciando a importância de uma abordagem interdisciplinar que considere tanto os conhecimentos sobre o cérebro quanto às dimensões sociais e culturais da educação.

O capítulo três, *Das bases neurobiológicas da aprendizagem à BNCC*, apresenta a relação entre as neurociências e a educação, com foco no desenvolvimento das competências gerais da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O texto destaca a importância de compreender os processos neurobiológicos subjacentes à aprendizagem para otimizar as práticas pedagógicas. O capítulo inicia apresentando o desenvolvimento do sistema nervoso central (SNC) desde as primeiras etapas da gestação, enfatizando a importância da neurogênese e da migração neuronal para a formação das estruturas cerebrais. Em seguida, o texto descreve as bases neurobiológicas da aprendizagem, destacando a relevância do cérebro nesse processo. A partir dessa fundamentação, o capítulo estabelece uma conexão entre os conhecimentos sobre o cérebro e as competências gerais da BNCC, sugerindo que uma compreensão aprofundada dos processos neurobiológicos pode contribuir para o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais eficazes e personalizadas.

O quarto capítulo, *Ser integral, neuroeducação e conhecimento*, propõe uma reflexão sobre a integralidade do sujeito humano, ressaltando a necessidade de

interligar as dimensões biológicas e sociais na compreensão do ser. Criticamos a cisão frequentemente observada entre o biológico e o social, enfatizando que a experiência humana é composta por histórias, cognição, cultura e emoções. Essa abordagem integrada é essencial para evitar a simplificação da complexidade do ser humano, demandando uma análise que considere tanto a corporeidade quanto os fenômenos sociais que a cercam, em uma busca por uma compreensão mais holística da condição humana.

A evolução das concepções sobre o corpo é analisada, desde a visão platônica que o vê como prisão da alma até as perspectivas contemporâneas que reconhecem a corporeidade como uma fonte de conhecimento. Citamos Merleau-Ponty para destacar que o corpo atua como um participante ativo na construção da experiência social. Exploramos também os conceitos de autopoiese de Maturana e Varela, que demonstram como a singularidade do sujeito é moldada pela interação com o ambiente e pelas dimensões biopsicossociais que constituem sua identidade. Ao articular as contribuições das neurociências e das ciências sociais, defendemos a importância de uma abordagem plural que promova uma formação integral e crítica, reconhecendo a diversidade do sujeito em um contexto sociocultural, como preconizado por políticas públicas como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

O quinto capítulo, *As neurociências na construção das competências gerais da BNCC*, tem como objetivo principal investigar a relação entre os estudos das neurociências e o desenvolvimento das competências gerais da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A pesquisa busca compreender como os processos neurobiológicos subjacentes à aprendizagem estão relacionados às competências que se espera que os estudantes desenvolvam. Para isso, o estudo realiza uma revisão bibliográfica, analisando como as teorias das neurociências podem servir como lente para compreender as relações entre as bases neurobiológicas e as competências gerais da BNCC. Ao longo do capítulo, os autores exploram como os processos de aprendizagem ocorrem no cérebro, destacando a importância de conhecer os eventos neurobiológicos envolvidos no desenvolvimento e na aquisição de conhecimento.

O texto finaliza com as *Considerações finais*, um resumo sobre o que direcionou a temática da dissertação, destacando os objetivos propostos,

apresentado reflexões e novas indagações, além de salientar as contribuições da pesquisa para o processo educacional.

2 NEUROCIÊNCIAS, CURRÍCULO E BNCC: ARTICULAÇÕES E ENCONTROS

Na busca pela construção das relações dos estudos das neurociências, seu foco nos processos de aprendizagem do encéfalo/cérebro com o currículo e a compreensão do ser como integral, promovemos neste capítulo uma abordagem teórica que pretende estabelecer um quadro de referência para a análise das competências gerais da BNCC e as contribuições das neurociências no desenvolvimento e na aprendizagem do sujeito.

Inicialmente, compreendemos como necessário fixar alguns conceitos, categorizações e pressupostos que possibilitam articular as neurociências com o currículo e com a BNCC e suas competências. Além disso, a construção de estado da arte traz o potencial de aprofundamento no debate sobre a temática e colabora, outrossim, para a justificativa da própria pesquisa aqui apresentada.

2.1. Por uma articulação do currículo, da BNCC e das competências com a neurociência

É desafiador desenvolver estudos que articulam pesquisas entre as Neurociências, as políticas educacionais, o currículo e o ser integral, pois promover uma educação que não fragmenta o ser biológico e o ser social acaba por uma educação que valorize as potencialidades de cada sujeito, de cada cérebro, ou seja, pensar no sujeito integral. Na medida que buscamos pesquisas que caminham ao encontro do respeito pelo ser em sua completude, com suas estruturas biológicas e fisiológicas, suas influências culturais e sociais, suas especificidades e diferenças; visamos decifrar o interno e o externo nessa equação chamada ser humano, chamado encéfalo.

Diante disso, notou-se a necessidade de pesquisar estudos sobre as curvas sinuosas presentes em nosso cérebro, tal como fazer um levantamento de publicações sobre as tensas disputas do âmbito do currículo/BNCC. A elaboração do estado da arte teve como propósito viabilizar o conhecimento e o reconhecimento de estudos que já foram realizados, relativo à junção da temática aqui apresentada. Buscando constatar o atual cenário sobre os estudos voltados para as neurociências e BNCC, as neurociências e o currículo, certificou-se a necessidade de novos estudos sobre o tema neurociências como aporte para o

desenvolvimento das competências gerais da Base Nacional Comum Curricular. Isso posto, justifica-se a importância de a presente pesquisa contar, neste capítulo, com um estado da arte.

Ora, se almejamos um processo de aprendizagem educacional de qualidade e leitura de mundo crítica em direção ao respeito pela pluralidade do humano, nada mais legítimo do que considerar o desenvolvimento, ensino e aprendizagem do sujeito ou se preferir, do ser humano, do que o reconhecer como um ser integral. Os documentos norteadores da educação se constituem em uma importante ferramenta de suporte educacional, visto que estes documentos se inserem em diversas esferas; sejam elas cognitiva, física, emocional, social, intelectual e biológica – ao menos é o que se propõe, por via de regra. Ao considerarmos tal conjunto de saberes, entendemos que a educação objetiva o desenvolvimento de comportamentos e conhecimentos inéditos, tendo como balizador o processo que envolve a aprendizagem (Consenza; Guerra, 2011).

Na perspectiva de alcançar a qualidade da educação e uma educação básica comum para todos, a BNCC endossa uma estrutura normativa que assegura os direitos de aprendizagem e desenvolvimento, por intermédio de aprendizagens basilares para o processo educacional e pedagógico de cada sujeito. Com intenção de alcançar tais metas, a Base Nacional Comum Curricular aborda, em destaque, o desenvolvimento de competências e habilidades dos estudantes em âmbito nacional. Ao assegurar o desenvolvimento de dez competências, a BNCC pretende garantir que crianças, adolescentes e jovens usufruam do direito de aprendizagem e desenvolvimento, sendo eles cognitivo, emocional, físico e social (Perez, 2018). Como expõe a BNCC,

[...] **competência** é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho (Brasil, 2018, p.8) (grifado no original).

Conforme estabelece o documento oficial, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) configura-se como eixo central na articulação das políticas educacionais em âmbito nacional, estadual e municipal. Ao definir diretrizes comuns para a formação docente, os processos de avaliação, a produção de materiais didáticos e a organização da infraestrutura escolar, a BNCC busca assegurar um

padrão de qualidade e promover a equidade na educação básica brasileira (BRASIL, 2018). No entanto, embora o documento se proponha a garantir tal padrão, a definição precisa do que se entende por "qualidade" e sua efetiva relação com o princípio da equidade ainda exigem uma análise crítica mais aprofundada, sobretudo diante das desigualdades históricas e estruturais que marcam o sistema educacional brasileiro.

A padronização das dez competências gerais levanta a questão de quais sujeitos são priorizados nesse processo, e se a garantia da isonomia é efetivamente alcançada para todos os estudantes. Ao apresentar um conjunto de competências e habilidades, a Base passa a ser interpretada como um currículo tecnicista, que prioriza a padronização em detrimento da diversidade. É fundamental questionar se a padronização proposta pela BNCC é compatível com a promoção de um currículo que valorize a diversidade e o desenvolvimento integral dos estudantes.

Embora as competências gerais da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) sejam apresentadas sob a perspectiva da formação integral do sujeito, sua implementação revela contradições que comprometem essa intencionalidade. Em lugar de fomentar uma educação emancipadora e voltada ao desenvolvimento humano em sua totalidade, a BNCC tende a privilegiar aspectos técnicos da aprendizagem, sobretudo quando associada às avaliações em larga escala. Essa abordagem acaba por anunciar uma formação ampla, mas percorre um caminho distinto, centrado na mensuração e no desempenho, o que distancia o documento de sua proposta declarada.

O caráter prescritivo e padronizador da BNCC evidencia-se ao limitar as possibilidades de construção curricular contextualizada, negando, na prática, o reconhecimento da diversidade e das diferenças regionais, culturais, biológicas e sociais que compõem o cenário educacional brasileiro. Como afirmam Cury, Reis e Zanardi (2018, p. 56), "a previsão de uma BNCC não é, obviamente, o centro do projeto educacional brasileiro em torno da qual orbitam os princípios educacionais, inclusive constitucionalizados." Essa constatação remete à crítica de que a BNCC, embora relevante, não deve ocupar o lugar de eixo absoluto das políticas educacionais, sob pena de obscurecer princípios constitucionais como a valorização da diversidade, da pluralidade e da gestão democrática.

Ainda que o próprio texto da BNCC se apresente como uma base orientadora e não como currículo, sua estrutura e função a posicionam como um documento

prescritivo e unificador, que exerce, sim, o papel de seleção, organização e sequenciamento de conteúdos. Como destacam os autores, “o que se pretende expor é que por mais fuja ao papel de seleção, organização e sequenciamento de conteúdos, a BNCC tem esse papel e se ela não é o currículo, ela não pode deixar de ser considerada um currículo (prescrito e unificador)” (Cury; Reis; Zanardi, 2018, p. 69).

Além disso, os mesmos autores observam que o caráter normativo da BNCC impõe aos estudantes quais conhecimentos, habilidades e competências devem ser mobilizados e estudados ao longo da Educação Básica, configurando-se como um currículo formal. Embora não esgote os processos de ensino e aprendizagem que ocorrem na escola, a BNCC busca prescrever e direcionar aquilo que deve ser ensinado, demonstrando os limites de sua capacidade de contemplar a complexidade da prática pedagógica (Cury; Reis; Zanardi, 2018).

A BNCC, ao apresentar um conjunto minuciosamente estruturado de competências e habilidades, ultrapassa a função de um simples documento orientador. Por seu caráter normativo, configura-se como um currículo pré-estabelecido, que impõe aos sistemas de ensino e às escolas um rol específico de aprendizagens a serem desenvolvidas pelos estudantes. Tal abordagem, de natureza potencialmente tecnicista, suscita importantes reflexões acerca da flexibilidade curricular e da capacidade do documento de responder adequadamente à diversidade social, cultural e biológica presente nos diferentes contextos escolares e nos sujeitos da aprendizagem.

Nesse sentido, observa-se ainda que para o Ministério da Educação e Cultura (MEC),

A **BNCC** serve como referência para a construção e adaptação dos currículos de todas as redes de ensino do país. As redes e escolas seguem com autonomia para elaborar, por meio do currículo, metodologias de ensino, abordagens pedagógicas e avaliações, incluindo elementos da diversidade local e apontando como os temas e disciplinas se relacionam. **BNCC** e currículos têm, portanto, papéis complementares: a Base dá o rumo da educação, mostrando aonde se quer chegar, enquanto os currículos traçam os caminhos (MEC, s.a) (grifado no original).

Sendo um documento normativo, o termo currículo presente na BNCC está em diálogo com Sacristán (2013) que "o currículo também tem o sentido de constituir a carreira do estudante e, de maneira mais concreta, os conteúdos deste

percurso, sobretudo sua organização, aquilo que o aluno deverá aprender e superar e em que ordem deverá fazê-lo" (p.16). A classificação da BNCC como um documento curricular, à luz das contribuições teóricas de Sacristán, revela-se como um documento de currículo que compartilha com as concepções de currículo tradicionais a função de orientar as práticas pedagógicas, suas características específicas, como a ênfase em competências e a busca por uma padronização nacional da educação.

Diante desse cenário, Cury, Reis e Zanardi (2018) argumentam que "a BNCC, indubitavelmente, é uma criação unificadora que organiza os direitos de aprendizagens, conhecimentos e habilidades com foco na competência [...]. A própria BNCC assume que a função das competências é orientar os currículos" (p. 67). Essa perspectiva revela a intenção de estruturar os currículos escolares a partir de uma base comum, priorizando o desenvolvimento de competências que articulam conhecimentos, habilidades, atitudes e valores. Nesse contexto, é importante ressaltar que, para além da definição de conteúdos específicos por etapas e modalidades de ensino, a BNCC também apresenta um conjunto de dez competências gerais que devem orientar a prática pedagógica na Educação Infantil, no Ensino Fundamental e no Ensino Médio, de forma integrada e contínua ao longo da trajetória escolar.

No entanto, ao mesmo tempo em que busca unificar os direitos de aprendizagem, a BNCC tem sido criticada por sua natureza centralizadora e prescritiva, uma vez que, conforme apontam os autores, trata-se de uma proposta curricular obrigatória e imobilizadora, construída a partir de decisões concentradas no núcleo do poder, em detrimento de um processo plural e participativo, que respeite os fundamentos constitucionais da diversidade e da equidade (Cury; Reis; Zanardi, 2018). Com o intuito de aprofundar a compreensão acerca dos princípios formativos que estruturam a BNCC, apresentam-se, a seguir, as Dez Competências Gerais explicitadas no Quadro 2, que constituem os eixos norteadores do documento orientador da educação brasileira.

Quadro 2 - Competências Gerais da Educação Básica

Nº	Competências gerais	Competência em foco
1	Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.	Conhecimento
2	Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.	Pensamento científico, crítico e criativo
3	Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.	Repertório cultural
4	Utilizar diferentes linguagens-verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonoro e digital -, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.	Comunicação
5	Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.	Cultura digital
6	Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.	Trabalho e projeto de vida
7	Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.	Argumentação
8	Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.	Autoconhecimento e autocuidado
9	Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e os direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.	Empatia e cooperação

10	Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.	Responsabilidade e cidadania
-----------	---	------------------------------

Fonte: Elaborado pela autora, com referência da BNCC (2018)

Mencionado pela BNCC e no cotidiano educacional, o processo de aprendizagem e de desenvolvimento do educando ocorre com a contribuição de inúmeros fatores externos, ideológicos, educativos e, claro, a contribuição neurobiológica. O estudo das extensas possibilidades de interação advindas desses fatores é um campo de conhecimento ainda em desenvolvimento, situando-se no escopo das neurociências aplicada na educação. Dentre essas contribuições, a interação entre sujeitos corrobora, efetivamente, para o processo de ensino-aprendizagem, pois, para Lent (2019), "isso significa que as interações recíprocas entre os cérebros desses indivíduos, durante qualquer tipo de comunicação, ativam mecanismos de neuroplasticidade [...]" (p. 105).

Para Relvas (2015), as neurociências são estudos novos que abordam o processo do desenvolvimento do cérebro no âmbito químico, estrutural, funcional e até patológico do sistema nervoso. Outrossim, pode-se considerar que o cérebro é elétrico, químico, fisiológico, emocional, cultural e social.

Posto isto, ao considerarmos que o cérebro está imerso nessa multiplicidade de fatores, corroboramos com Lent (2010) ao afirmar que tratamos de neurociências. No plural! Isso pois, faz-se presente cinco grandes disciplinas neurocientíficas de estudos que podem colaborar com as neurociências aplicadas na educação, sendo elas: neurociência molecular; neurociência celular; neurociência sistêmica; neurociência comportamental; neurociência cognitiva.

Relacionando neurociências e educação, faz-se necessário referir sobre o tema da neuroeducação que vem ganhando força ao enunciar a relação da educação, o processo educacional, o processo de aprendizagem e desenvolvimento, com estudos das neurociências. Para Lent (2019), a neuroeducação é uma área do conhecimento que vincula o funcionamento cerebral, o contexto educacional e a confluência entre as neurociências e a educação, colaborando para criação e melhoria das apropriações do processo de aprendizagem do cérebro.

Cosenza e Guerra (2011) mencionam que os estudos avançados no contexto das neurociências corroboram com a análise do processo ensino-aprendizagem em um modelo mais científico. Com o aporte das bases neurocientíficas, possibilita-se a percepção dos processos cognitivos presente no cérebro aprendiz, ou seja, aprendiz pelo fato de sua capacitação em se modificar, de ser plástico, mutável

“sempre que este seja influenciado por si próprio, por outros cérebros ou pelo ambiente” (Lent, 2019, p. 19). Assim sendo, a neuroeducação possui a interface na união das dimensões pedagógicas, na psicologia cognitiva e nas neurociências, como afirma Campos (2010) que

[...] a neuroeducação como uma nova linha de pensamento e ação, que tem como principal objetivo levar aos agentes educacionais os conhecimentos relacionados com o cérebro e aprendizagem, considerando a união entre a Pedagogia, Psicologia Cognitiva e as Neurociências (p. 10) (Tradução livre).⁴

Torna-se importante aludir a uma deficiência nos conteúdos e nas disciplinas nos cursos de graduação de Pedagogia, no que tange a neurociência. Isso porque a formação de professores está constituída em disciplinas e metodologias enquadradas na concepção tradicional do ato de lecionar (Sousa; Alves, 2017). Mesmo com o avanço das pesquisas das neurociências, percebe-se a “falta de disciplinas sobre este tema na maioria das matrizes curriculares nos cursos de Pedagogia e dos Programas Especiais de Formação Pedagógica de docentes em todo o país, embora pelas Diretrizes curriculares do MEC percebe-se a preocupação” (Grossi; Lopes; Couto, 2014, p. 37).

Conforme já posto, há um fetichismo, um encantamento, uma moda atrativa em relação à neurociência e, principalmente, pelo sufixo “neuro”. Pelo importante avanço de estudos sobre o encéfalo/cérebro e o ser humano como ser biológico e seus aspectos sociais, nota-se uma intensificação das “neuromodas” com a aplicação do sufixo “neuro” em estratégias mercadológicas, para o convencimento de uma população leiga e não crítica sobre os estudos das neurociências.

Distanciando-se do fetichismo sedutor, não se pretende enaltecer aqui a neuroeducação. Abordaremos a ideia de neuroeducação como neurociências aplicadas na educação, mesmo que haja autores utilizando tal nomenclatura. Isso pelo motivo de não induzir a leitura para uma visão reducionista do ser humano ao cérebro, mas sim compreender que estudos neurocientíficos estão como assistência para a educação, visto que há o embasamento de evidências das neurociências para com a aprendizagem e o desenvolvimento sociobiológico do ser humano.

⁴ Original: La Neuroeducación como una nueva línea de pensamiento y acción que tiene como principal objetivo acercar a los agentes educativos a los conocimientos relacionados con el cerebro y el aprendizaje, considerando la unión entre la Pedagogía, la Psicología Cognitiva y las Neurociencias (p. 10).

No âmbito educacional e na rotina escolar, sabe-se que não há um único método que levará ao avanço da qualidade da educação brasileira. Crê-se que falando de educação não há um manual de receitas. Temos, a princípio, um mesmo aparato biológico para a aprendizagem, se olhar tão somente na perspectiva neurológica. Entretanto, o encéfalo não explica, não traz soluções milagrosas sobre a educação. Decerto, não! Neste ponto, uma educação baseada em evidências corrobora para que busquemos estudos de especialistas.

A evidência não está restrita ao laboratório, ao olhar médico, ao resultado exato. Outrossim, “trata-se de potência e do valor atribuídos a certas formas de evidência para sustentar proposições que surgem na prática educativa” (Thomas et al., 2007, p.9). Seja a observação, relatos dos especialistas em educação (educadores/professores), documentos educacionais, a palavra democratizada dos educadores e da comunidade escolar, das reflexões sobre a educação. Estamos na pretensão de pareceres técnicos e bem fundamentados, longínquo de alvitres algum (Elacqua *et al.*, 2015). Vale ressaltar que a ciência não é a infalível, visto que o questionamento sobre a veracidade da evidência; se a evidência tem cunho científico e o que descreve sobre as evidências educacionais é real; validando assim, a diferenciação da evidência nas ciências naturais (Elacqua *et al.*, 2015).

Dada a importância da formação do sujeito por meio das manifestações culturais e sociais, aponta-se aqui a necessária articulação do ser humano como ser social e ser biológico. É nesse âmbito que emergem as problematizações dessa dissertação. No despertar de uma caminhada em direção resgatar à perspectiva do ser humano em sua integralidade. Um diálogo para que possamos afastar ideias reducionistas e cartesianas sobre o ser biológico para nos aproximar da necessária conexão do ser neurobiológico com as manifestações sociais, reconhecendo a intencionalidade que há no corpo. Quão o corpo é consciente, assim como social.

“Com a ciência do corpo humano aprendemos depois a distinguir os sentidos. [...] *Vemos* a profundidade, o aveludado, a maciez, a dureza dos objetos – Cézanne dizia mesmo: seu odor” (Merleau-Ponty, 1980, p. 118, *italico no original*). De natureza igual, deve-se legitimar o ser humano também como mente, cognição, percepção. Ao legitimar o ser integral, entendemos o advento do nosso contato com o mundo, com as coisas; seja na perspectiva cultural, psicológica, na relação com as coisas e com os outros, como alude Merleau-Ponty. Recuperando o olhar do sujeito integral, o olhar que a percepção é o primeiro contato imediato com o mundo,

que o corpo é a dilatação da mente, assim como a mente é ampliação do corpo, rescinde a ideia cartesiana do sujeito tão somente social e/ou tão somente biológico. Nessa expectativa, entendemos que o corpo faz parte da nossa sociedade, da nossa humanidade, da individualidade de cada cultura.

2.2. Em busca da compreensão das relações e articulações entre BNCC e Neurociências: um estado da arte

Quando discutimos sobre as temáticas da educação, o processo educacional e as neurociências, torna-se possível debates sobre as particularidades do ser humano e dos entendimentos que buscamos, para proporcionar confluências acerca de tais assuntos. Nos últimos anos, tem havido uma quantidade crescente de literatura sobre neurociência e, com isso, a gama de interlocução entre as práticas neurocientíficas e educacionais estão compondo um rico arcabouço teórico. Apesar disso, o que se observa, como dizem Romanowski e Ens (2006), é que "faltam estudos que realizem um balanço e encaminhem para a necessidade de um mapeamento que desvende e examine o conhecimento já elaborado e apontam os enfoques, os temas mais pesquisados e as lacunas existentes" (p.38).

Valiosas são as probabilidades, possibilidades e potencialidades nos avanços da neuroeducação, isso pois, cria-se estudos que visam tornar mais inteligíveis as condições humanas, a individualidade do sujeito e a sociedade como um todo. Compreender o encéfalo/cérebro, nos possibilita perceber que "nos circuitos microscopicamente pequenos do cérebro, estão gravados a história e o futuro de nossa espécie" (Eagleman, 2017, p. 7).

Todavia, em contrapartida percebemos que os estudos das neurociências, encontram-se, em larga escala, no âmbito de estudos na área da saúde, da psicologia, da cognição, no âmbito de pessoas em situação de deficiências e transtornos do neurodesenvolvimento. Partindo desse entendimento, a presente dissertação conta com o levantamento de publicações referentes à estudos das neurociências em conjunto com as competências gerais da Base Nacional Comum Curricular. Esse levantamento contou com a direção na perspectiva do estado da arte, que visa realizar "um balanço das respectivas áreas de conhecimento, com a finalidade de diagnosticar temas relevantes, emergentes e recorrentes, indicar os

tipos de pesquisa, organizar as informações existentes bem como localizar as lacunas existentes" como apontam Romanowski e Ens (2006, p. 41).

À frente de uma ampla gama de estudos sobre neurociências e educação, buscamos realizar um levantamento das respectivas áreas de conhecimento, com a finalidade de diagnosticar temas relevantes que se aproximam da temática da presente pesquisa. Para esse fim, realizamos a elaboração do estado da arte com o objetivo de sustentar a importância de dialogar com as neurociências com a educação, para além do campo de transtornos do neurodesenvolvimento. Assim, o estado da arte é uma forma de

[...] significar uma contribuição importante na constituição do campo teórico de uma área de conhecimento, pois procuram identificar os aportes significativos da construção da teoria e prática pedagógica, apontar as restrições sobre o campo em que se move a pesquisa, as suas lacunas de disseminação, identificar experiências inovadoras investigadas que apontem alternativas de solução para os problemas da prática e reconhecer as contribuições da pesquisa na constituição de propostas na área focalizada. (Romanowski; Ens, 2006, p. 39)

Em apoio a essa argumentação visamos compreender os caminhos da produção sobre os estudos sobre a temática das neurociências em diálogo com a BNCC. Desse modo, buscando atingir certo critério para fins bibliográficos, o Estado da Arte foi embasado na revisão de literatura sistematizada, na perspectiva de Koller, Couto e Hohendorff (2014).

A escolha do mencionado tipo de pesquisa viabiliza a análise e avaliação organizada e criteriosa da literatura a respeito do objeto pesquisado e o estabelecimento das proximidades entre os temas neurociências e BNCC. Da mesma forma, buscamos distanciar da abrangência das neurociências e da sala de aula; e sim aproximar do documento norteador que se encontra em vigência em território nacional brasileiro: a BNCC.

Ao cotejar os objetivos a serem atingidos na pesquisa, faz-se necessário recorrer a Galvão e Ricarte (2020) sobre a importância da revisão de literatura sistematizada, ao salientarem que

[...] é uma modalidade de pesquisa, que segue protocolos específicos, e que busca entender e dar alguma logicidade a um grande corpus documental, especialmente, verificando o que funciona e o que não funciona num dado contexto. Está focada no seu caráter de reprodutibilidade por outros pesquisadores, apresentando de forma explícita

as bases de dados bibliográficos que foram consultadas, as estratégias de busca empregadas em cada base, o processo de seleção dos artigos científicos, os critérios de inclusão e exclusão dos artigos e o processo de análise de cada artigo. Explicita ainda as limitações de cada artigo analisado, bem como as limitações da própria revisão. De forma geral, a revisão de literatura sistemática possui alto nível de evidência e se constitui em um importante documento para tomada de decisão nos contextos públicos e privados. Dito de outro modo, a revisão sistemática de literatura é uma pesquisa científica composta por seus próprios objetivos, problemas de pesquisa, metodologia, resultados e conclusão, não se constituindo apenas como mera introdução de uma pesquisa maior, como pode ser o caso de uma revisão de literatura de conveniência. (p. 58-59)

Dialogando com Koller, Couto e Hohendorff (2014), a revisão de literatura sistematizada é apresentada em oito etapas estratégicas, sendo utilizada como guia até o final do levantamento. Durante toda a construção do estado da arte, fez-se presente as seguintes etapas:

1. delimitação da questão a ser pesquisada;
2. escolha das fontes de dados;
3. eleição das palavras-chave para a busca;
4. busca e armazenamento dos resultados;
5. seleção de artigos pelo resumo, de acordo com critérios de inclusão e exclusão;
6. extração dos dados dos artigos selecionados;
7. avaliação dos artigos;
8. síntese e interpretação dos dados (Akobeng, 2005). (Koller; Couto; Hohendorff, 2014, p. 56)

Diante do exposto, tal metodologia escolhida, exclusivamente, para fazer o estado da arte assegurou a singularidade da proposta em dialogar com as neurociências e as competências gerais da BNCC, proporcionando a legitimação da necessária ampliação dos estudos das neurociências no que tange a educação e os documentos norteadores que a compõe.

Conduzindo-se às etapas metodológicas, a definição da questão a ser pesquisada na primeira etapa foi ao encontro de uma das indagações da pesquisa de dissertação, sendo ela: se a BNCC visa assegurar o desenvolvimento de dez competências gerais, considerando aspectos cognitivos e socioemocionais, por qual motivo as neurociências não são o esteio para a concepção de tais competências?

Seguindo para a segunda etapa da metodologia escolhida para o estado da arte, as escolhas das fontes de dados⁵ consistiu nas seguintes plataformas:

- a) Portal de Periódicos da CAPES;
- b) *Web of Science*;
- c) *Scopus*;
- d) *Educational Resources Information Center* | Bibliotecas - ERIC;
- e) Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD).

Na terceira etapa, foram analisadas e definidas as palavras-chave, sendo aplicadas na língua portuguesa e inglesa, respeitando as plataformas de pesquisa escolhidas na segunda etapa. Nas imagens a seguir, encontram-se as chaves/termos utilizados para a busca, como também os desejos almejados para a pesquisa, sendo eles: período, tipos de materiais, idioma, fontes de informações e os assuntos/itens indesejados que distanciam da proposta da presente pesquisa.

⁵ Endereços pesquisados:

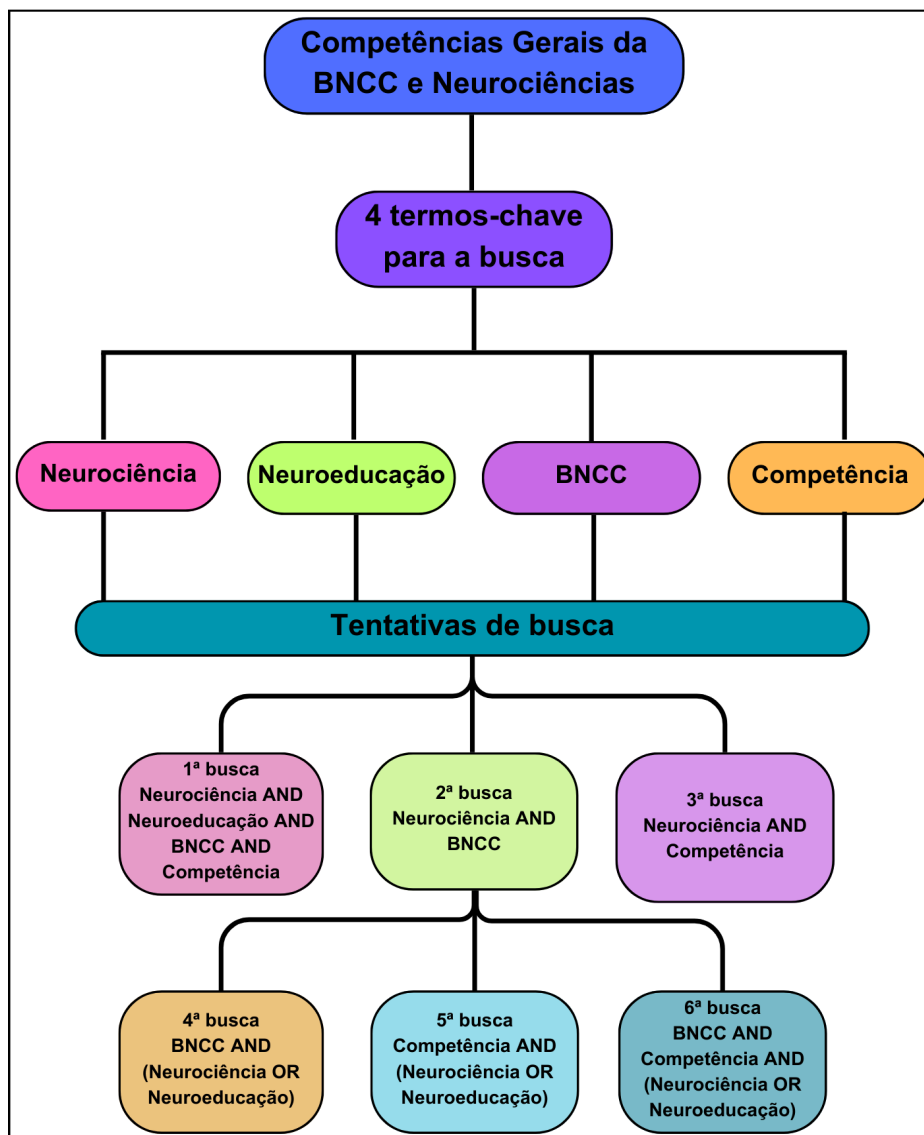
www.periodicos.capes.gov.br;

<https://www-webofscience.ez93.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/basic-search>;

<https://www-scopus.ez93.periodicos.capes.gov.br/search/form.uri?display=basic#basic>;

<https://eric.ed.gov/>; <https://bdt.d.ibict.br/vufind/>.

Figura 1 - Organograma de orientação para buscas

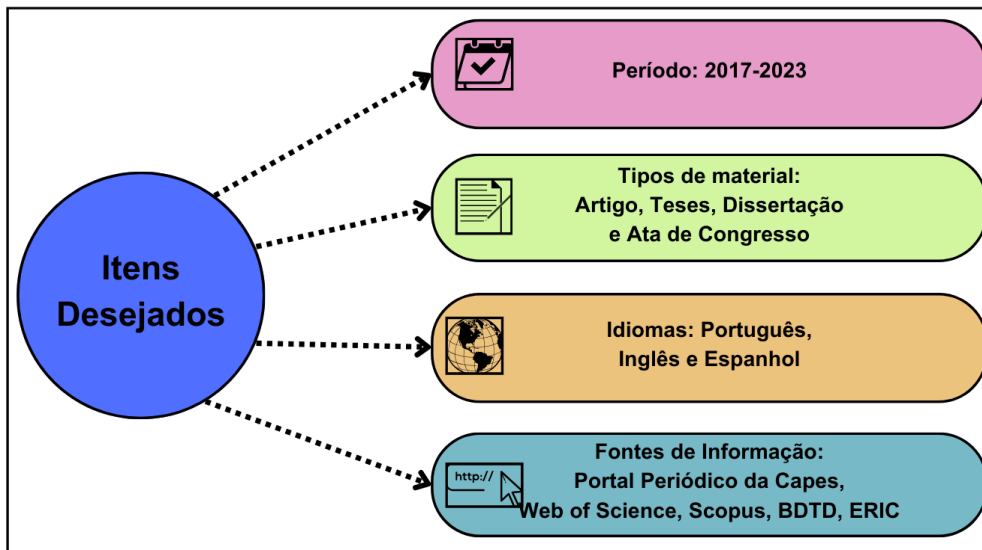


Fonte: Elaborada pela autora

A partir da organização exibido na Figura 1, infere-se a necessidade de ampliar, ao máximo, o número de tentativas para realizar uma busca mais estrita, para acrescer o número de pesquisas necessárias para uma análise mais fidedigna à proposta da pesquisa.

As informações apresentadas na Figura 2, pode-se visualizar um esquema dos itens que delimitam as buscas, definindo assim a questão a ser pesquisada, visto que "a pesquisa terá um número tão grande de resultados que inviabilizará qualquer tentativa de sistematização" (Koller; Couto; Hohendorff, 2014, p. 57).

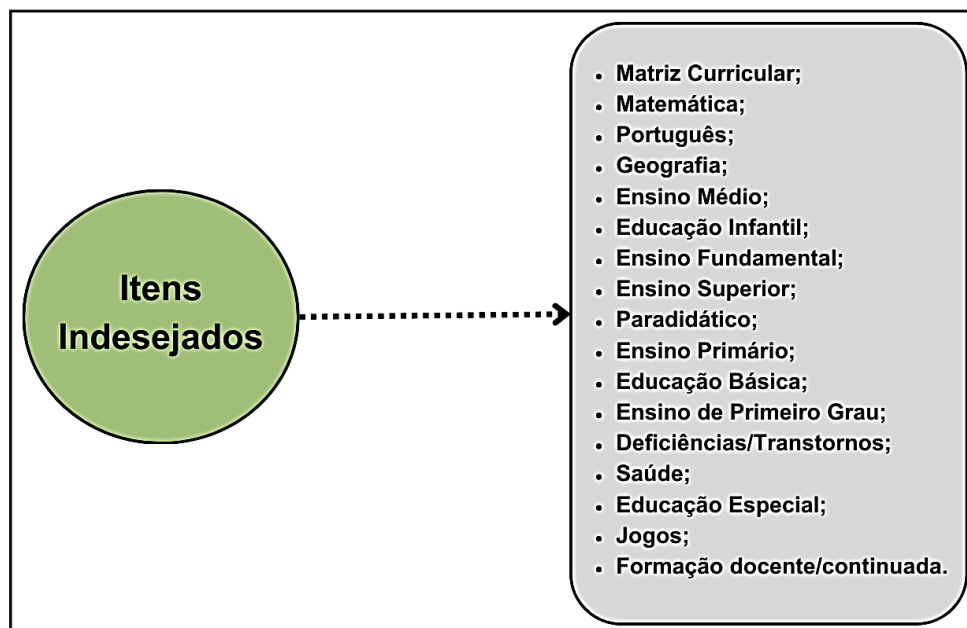
Figura 2 - Esquema dos itens desejados para busca



Fonte: Elaborada pela autora

Concomitantemente, foram elencados os itens indesejados, para manter a relevância de um estado da arte embasado em uma revisão sistemática. A imagem 3 apresentada fornece informações importantes sobre os itens indesejados.

Figura 3 - Esquema dos itens indesejados para busca



Fonte: Elaborada pela autora

Com respaldo nos estudos prévios conduzidos por Koller, Couto, Hohendorff (2014), na "busca relevante e sintética, é importante ter clara qual a relação entre os conceitos que se está buscando investigar" (p. 57). Em outros termos, tendo a clareza da temática a ser pesquisada e a busca focada em atender os objetivos propostos, alude o amparo bibliográfico do tema e a relevância da pesquisa.

Após estabelecer todas as estratégias para a realização da pesquisa, fez-se notório a necessidade de abranger maiores tentativas de busca, visto que as buscas mais elementares se apresentaram restritas para a elaboração do estado da arte. Para melhor desenvolvimento da proposta de pesquisa, fez-se presente seis tentativas, com o cômputo de até quatro termos-chave em cada busca.

Figura 4 - Termos-chave utilizados na busca

Estratégia de busca
Termo-chave 1: neurociênci* OR neuroscienc* OR "ciência*? neurológic*" OR "neural scienc*" OR "neurological scienc*" OR "educational neuroscience" OR "neurociênciaeducacional"
AND
Termo-chave 2: neuroeducação OR neuroeducation OR neuroeducación
AND
Termo-chave 3: "Base Nacional Comum Curricular" OR "BNCC" OR "Common National Curriculum Base" OR "National Common Curricular Base" OR "NCCB" OR "teori* de currículo" OR "curriculum theory" OR "diretriz curricular" OR "curricular guideline" OR "currículo" OR "curriculum"
AND
Termo-chave 4: competênci* OR competenc* OR competente OR habilidad* OR ability OR "competênci* curricular*" OR "curricular competence"

Fonte: Elaborada pela autora

Nas etapas quatro e cinco, para o processo de busca e armazenamento dos resultados, bem como a seleção de artigos pelo resumo, de acordo com critérios de

inclusão e exclusão, recorreremos à ferramenta do *EndNote*⁶. A partir da visão de Filho (2018) sobre o *EndNote*, reitera-se que

[...] é um gerenciador de referências bibliográficas da Clarivate Analytics, com acesso gratuito. O programa permite armazenar e organizar os registros encontrados nas buscas em bases de dados, possibilitando a inclusão automática de citações e referências quando da elaboração de um texto. As suas principais funcionalidades são: coletas de registros [...]; armazenamento e gerenciamento de registros [...]; geração de citação e referências [...]; compartilhamento de registros; localização dos periódicos supostamente adequados a um manuscrito. (p.4-5)

Com base no que nos aponta Filho (2018), os critérios de corte temporal foram determinados entre os anos de 2017 e 2023, tendo em vista a criação da Base Nacional Comum Curricular. Para compilar melhor os materiais a serem analisados, foram selecionados os materiais de artigos, dissertações, teses e atas de congressos (este, devido ao número expressivo de eventos sobre neurociências).

De acordo com os descritores utilizados para as buscas localizamos 3.486, todos catalogados no *EndNote*. Após o armazenamento dos registros, eles foram organizados em pastas de acordo com as bases de dados pré-selecionadas. Dando continuidade na organização dos materiais, iniciou-se a aplicação dos filtros com o objetivo de sistematizar os achados o mais próximo dos objetivos da pesquisa. Foram usados os filtros na seguinte diretriz: a) exclusão de arquivos em duplicata; b) leitura dos títulos; c) leitura do resumo; todos embasados nos critérios e diálogos de teorias e conceitos que dialogavam com a BNCC e as neurociências. Em face do exposto, resultaram em 20 referências como representada na tabela a seguir.

⁶ Endereço visualizado: <https://access.clarivate.com/login?app=endnote>

Tabela 1 - Quantidade de referências encontradas

Base de dados	Quantidade
BDTD	2
CAPES	11
ERIC	0
Scopus	5
Web Of Science	2
Total	19

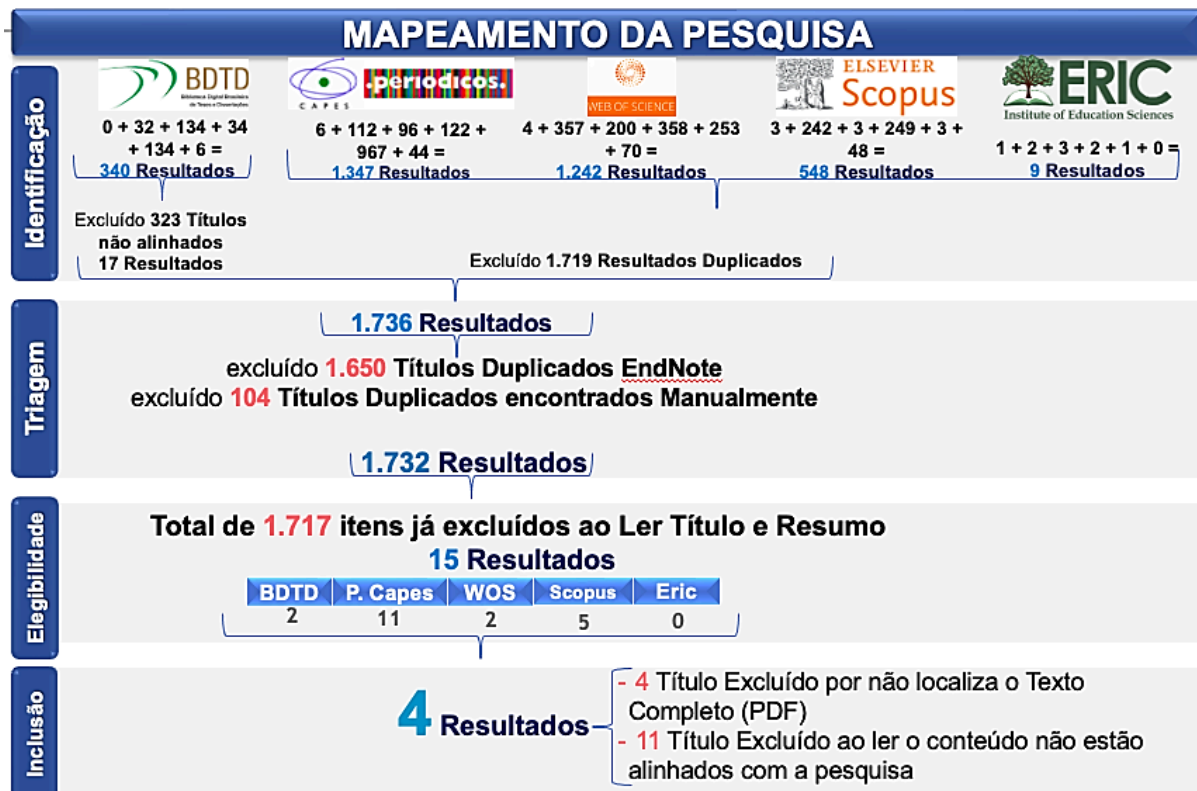
Fonte: Elaborada pela autora

Sob o mesmo ponto de vista de Koller, Couto, Hohendorff (2014), nas etapas seis e sete houve a extração dos dados dos artigos selecionados e a avaliação dos artigos. Para isso, fez-se presente a triagem dos textos disponíveis no EndNote, porém não localizados⁷; e seleção de títulos excluídos, após a leitura do conteúdo e a constatação do não alinhamento dos materiais com a pesquisa.

Com essa conjuntura obtivemos 4 títulos excluídos por não localizar o texto completo em PDF. Também foram excluídos 11 textos, pelo fato de o conteúdo integral das obras não contemplar com a cerne da proposta desta dissertação. Para apresentar os dados, a próxima imagem apresenta o mapeamento da pesquisa, com o objetivo de aclarar as informações:

⁷ O título do artigo encontra-se na busca das plataformas, são encaminhados para a ferramenta EndNote para triagem. Ao buscar o texto completo para leitura, para realização dos critérios de eliminação, os textos não foram encontrados completos ou estão no modelo pago para acesso.

Figura 5 - Mapeamento da pesquisa



Fonte: Elaborada pela autora

À face do exposto, iniciamos a última etapa da revisão. A oitava e última etapa consiste em sintetizar e interpretar os dados. Conforme os autores Koller, Couto, Hohendorff (2014) anunciam essa etapa como à montagem de uma quebra-cabeça, sendo

[...] os artigos localizados representam as peças, e os processos de avaliação servem para determinar criticamente se essas peças fazem ou não parte da figura que se quer montar. Contudo, um quebra-cabeça não é composto apenas por peças individuais. As peças devem ser organizadas de forma coerente para responder à problemática da pesquisa. Essa etapa constitui o trabalho de síntese dos resultados (p.66).

Com o resultado de 4 artigos que aludem a proximidade com a problemática da presente pesquisa, realizamos a análise dos títulos e os resumos dos textos para relacionar ao objeto/pesquisa da dissertação. Previamente, anunciamos que dentre os 4 artigos, nenhum deles guarda relação com nossa pesquisa de maneira direta, com as competências gerais da BNCC e contribuições das neurociências; porém a pontos específicos que podem possibilitar diálogos pontuais com tópicos específicos

do nosso estudo. A seguir apresentamos o Quadro 3, com as informações prévias dos 4 artigos selecionados que mais se aproximavam da nossa proposta.

Quadro 3 - Estudos sobre as neurociências na educação e a BNCC

Ano	Autor	Título	Gênero textual	Base de dados	Obra integralmente relacionada à temática da pesquisa	Obra contribui para a discussão sobre currículo e neurociências na proposta da pesquisa
2018	Augustín Ernesto Martínez-González; et al.	Neuroeducación: aportaciones de la neurociencia a las competencias curriculares	Artigo científico	CAPES	Não	Contribui no que se refere ao diálogo da educação e neurociências.
2020	Lais Chrystina da Silva Firmino; Maria Natália dos Santos Braz	Neurociência: uma revisão bibliográfica de como o cérebro aprende	Artigo científico	CAPES	Não	Contribui no que se refere como o cérebro aprende.
2021	Pauline Henriques Calabria	Contribuições da neurodidática para o processo de ensino: análises, relações e metodologias	Dissertação	BDTD	Não	Contribui no que se refere ao diálogo da educação e neurociências.
2022	Daniel R. Kepple; Rainer Engelken; Kanaka Rajan	Curriculum learning as a tool to uncover learning principles in the brain	Artigo científico	SCOPUS	Não	Contribui parcialmente, ao se tratar de neurociência e aprendizagem.

Fonte: Elaborado pela autora, de acordo com as informações coletadas

A partir dos resultados obtidos, pode-se inferir que pesquisas sobre neurociências estão voltadas para o processo de aprendizagem do encéfalo, isto é, os estudos citados no Quadro 3 estão voltados para as áreas cerebrais da aprendizagem, de como o encéfalo/cérebro aprende. Ao mencionar o currículo, a dissertação de Pauline Henriques Calabria está voltada para a formação docente, uma formação continuada. No artigo de 2018 apresentado no Quadro 3, o currículo se apresenta como ferramenta para a perspectiva do "aprender a aprender". Dessarte, apresenta-se, a seguir, uma breve síntese sobre os quatro estudos encontrados que se aproximam de pontos específicos nesta dissertação, todavia não dialoga integralmente com a efetiva proposta da pesquisa sobre o diálogo entre as neurociências e as competências gerais da BNCC.

Tendo em vista o exposto, no próximo tópico será denotado os principais pontos dos artigos e da dissertação encontrados.

2.3 Síntese e diálogos sobre os resultados

Antes de seguir, é necessário situar que os dados levantados, de acordo com os autores das obras do Quadro 3, são exemplos da importância de novas pesquisas na perspectiva das neurociências e da BNCC. Em função dessas inquietações observadas, o diálogo entre o processo de ensino-aprendizagem que ocorre no encéfalo e as competências estabelecidas pelo documento normativo educacional brasileiro, são substanciais para ampliar o olhar para o desenvolvimento do ser biológico e social.

Para a compreensão da necessária ampliação de pesquisas sobre a temática curricular e neurociência, González *et al.* (2018) com a obra intitulada "Neuroeducación: aportaciones de la neurociencia a las competencias curriculares" apresenta um levantamento bibliográfico, retratando a pouquidão de estudos sobre a neuroeducação. Sob essa perspectiva, a pesquisa dos autores tem como objetivo principal o estudo e a revisão dos resultados encontrados em estudos neurocientíficos, além de expor quais são as principais colaborações da neurociência para as competências curriculares.

Nessa linha de raciocínio os autores ressaltam o viés curricular trilhando ao encontro das competências específicas dialogadas na Espanha, atendendo a Lei Orgânica 8/2013, de 9 de dezembro. González *et al.* (2018) ressaltam a necessidade de um currículo educacional pautado nas seguintes competências: i) competência em comunicação linguística; ii) matemática e competências básicas em ciências e tecnologia; iii) competência digital; iv) aprender a aprender competência; v) competência sociais e cívicas; vi) senso de iniciativa e empreendedorismo; vii) consciência e expressões culturais.

Sob essa ótica, pode-se pensar que o currículo aludido na pesquisa de González *et al.* (2018) idealiza a competência instituída pelo mercado. Isso implica pensar a educação como um campo de disputa, campo político, de territórios para a competição. Mesmo apresentando contribuições das neurociências para o desenvolvimento de diversas competências – sendo elas mercadológica ou não – ao tratar de desenvolvimento de competência há de se ter cautela, para não se adentrar no caráter tecnicista, celetista.

Para Cury (1981, p. 2), "a escola, embora com suas peculiaridades, não foge à lógica da célebre "organização científica do trabalho". Também, nela, a lógica que preside o interior das empresas vai ocupando espaços e carregando consigo novas contradições". Compreendendo, então, o modo como González *et al.* (2018) centraliza os estudos da neuroeducação e denotando nas contradições apresentada por Cury (1981), é viável apoiar-se na perspectiva que o estudo intitulado "Neuroeducación: aportaciones de la neurociencia a las competencias curriculares" não apoio a cerne da dissertação de maneira integral, distanciando do currículo (BNCC) e corroborando parcialmente nos estudos das neurociências e neuroeducação. A contribuição passa a ser parcial, uma vez que não temos o objetivo de percorrer caminhos que nos leve para o caráter excludente tecnicista presente na implementação de competências e habilidades.

Retomando o que foi apresentado no quadro 2, tem-se a pesquisa de Firmino e Braz (2020) com o tema "Neurociência: uma revisão bibliográfica de como o cérebro aprende". As autoras baseiam-se na perspectiva de que, para suprir as construções das competências e habilidades, faz-se necessário a implementação da neurociência. O estudo, por meio de pesquisa bibliográfica, consulta de periódicos, livros, revistas científicas e websites especializados, apresenta a flexibilidade da neurociência e da educação frente aos estímulos do meio social. As autoras apresentam, no campo da neurociência, os processos que ocorrem no Sistema Nervoso Central (SNC), destacando as emoções, a atenção, a motivação e o sistema de recompensa.

As autoras tecem um arcabouço teórico em torno do conceito e/ou da perspectiva da inteligência, estabelecendo-o como um elemento fundamental para a sustentação de sua linha de pensamento. Neste ponto, o artigo se distancia da nossa pesquisa, visto que a proposta não mede e/ou elenca os pontos do quociente de inteligência (QI). Firmino e Braz (2020) apontam a comparação entre pessoas neurologicamente típicas e pessoas atípicas no que concerne a estrutura fisiológica do encéfalo, ao citar que "qualquer pessoa que não possui nenhum tipo de distúrbio ou disfunção cerebral é portadora de **todas** as inteligências" (p. 1005) (grifo nosso). Essa perspectiva teórica lança luz sobre os debates excludentes das pessoas em situação de deficiência. Sob essa ótica, pode-se pensar que as autoras ignoram o ponto de vista de diferentes tipos de inteligências, tendo como exemplo as

Inteligências Múltiplas⁸ (IM), além de transitar pela objetivação da essência humana do capitalismo.

É interessante notar também que apresentar o QI de pessoas típicas e atípicas, levando em conta a estrutura neuronal do sujeito, encontra-se o movimento que promove a segmentação do indivíduo e o produto pode entregar. Também, aludindo sobre o assunto, Ramos (2002) assevera que

[...] isso quer dizer que nos processos de produção estão em jogo tanto as forças subjetivas do indivíduo, potencialmente capazes de produzir sua própria existência, desde que liberado do jugo capitalista [...]. De forma simples, o fundamento dessa dialética é o sentido que toma a relação sujeito-objeto: o homem se objetiva para ele ou para o capital. Enquanto se objetiva para o capital, sua subjetividade é pelo capital apropriado e o homem não se reconhece como sujeito (p.28).

Constata-se, de um modo geral, que o artigo das autoras Firmino e Braz (2020) não contribui efetivamente com a dissertação, entretanto podemos considerar alguns pontos do desenvolvimento do cérebro, do ponto de vista neurocientífico, de como o cérebro aprende, tão somente.

Tal como referido no quadro 3, a terceira obra trata-se de uma dissertação que aponta as contribuições da neurociência, no panorama da didática no processo de ensino. Intitulada "Contribuições da neurodidática para o processo de ensino: análises, relações e metodologias", Calabria (2021) se debruça em revisões bibliográficas, para realizar a pesquisa em uma Rede Municipal de Ensino de Farroupilha/RS, com docentes atuantes no 4º e 5º anos do Ensino Fundamental dos Anos Iniciais.

A pesquisa da autora visa a neurociência na contribuição da formação continuada dos profissionais de ensino, na contribuição da neurociência na prática de sala de aula – aqui se próxima de alguns pontos do nosso texto, de como o cérebro aprende –, o que torna possível considerar a contribuição parcial para nossa dissertação. Calabria (2021) busca se aproximar da relação das metodologias ativas e os saberes neurocientíficos no processo de ensino aprendizagem, tal qual as referências podem ser utilizadas para nossa pesquisa. Por fim, é possível, como fruto da leitura atenta da obra de Calabria (2021), concluir que a pesquisa no campo

⁸ Teoria elaborada pelo psicólogo cognitivo educacional Howard Gardner, que descreve a capacidade humana em manifestar suas capacidades cognitivas de maneira singular. Sem embargo, escolhemos não trabalhar nessa perspectiva, pois a perspectiva das IM nos levam a categorização de medidas tradicionais e limitantes da capacidade da mente, desconsiderando as neuroplasticidades.

Farroupilha/RS está direcionada para o campo da formação docente, e não para as competências gerais da BNCC e das neurociências.

Caminhando para fechar as sínteses das obras do estado da arte, reportamos ao artigo científico dos autores Kepple, Engelken e Rajan (2022), intitulado "Curriculum learning as a tool to uncover learning principles in the brain". Este artigo aborda a ideia curricular embasado, exclusivamente, em dialogar com o currículo com tarefas experimentais comuns da neurociência, em específico, o uso das Redes recorrentes (RNNs). O experimento alicerçou em técnicas de funções do uso de perda baseadas em alvo e em representações como casos de uso, ou seja, o currículo pautado em uma modelagem.

De acordo com a leitura realizada de Kepple; Engelken; Rajan (2022), pode-se afirmar que o objetivo central desta pesquisa está formado pela concepção biológica do cérebro, não se aproximando da integralidade biológica e social. Na ótica da nossa proposta, Kepple; Engelken; Rajan (2022) contribuem para analisar como o cérebro aprende no contexto fisiológico e biológico neuronal; não obstante se distancia do que Ortega (2008) salienta como "vias de acesso ao corpo vivido" (p. 65). Nesse contexto de reflexões sobre o corpo, versamos sobre a importância de relacionar o sujeito com o biológico, assim como reconhecer o ser humano de vivências e experiência. Num primeiro momento, encontra-se a relação do artigo com as propostas a serem dialogadas com as neurociências; num segundo momento, Kepple; Engelken; Rajan (2022) se distanciam à proposta de dialogar entre o currículo representado pela BNCC e as neurociências aplicada na educação (neuroeducação).

O envolvimento com o estado da arte permitiu antever ausências de pesquisas que relacionam o currículo e as neurociências, em específico as competências gerais da BNCC. Defronte ao processo estabelecido para a elaboração do estado da arte, observou-se o alto volume de obras relacionando as neurociências com o âmbito da saúde, em destaque a reabilitação neurológica. Fez-se relevante, as pesquisas voltadas para as neurociências em diálogo dos transtornos do neurodesenvolvimento, destacando os estudos sobre o Transtorno do Espectro Autista (TEA).

Os trabalhos encontrados, nas primeiras fases do estado da arte, permitiram compreender que as pesquisas neurocientíficas estão tendentes a estudos fora do Brasil. Tal dado, apoia a necessidade de trazer estudos das neurociências para o

campo do currículo, seja na concepção das teorias do currículo, ou na peculiaridade do currículo nas estâncias do território de disputa da educacional e/ou nos documentos normativos curriculares; como a BNCC.

As pesquisas citadas no estado da arte permitem compreender a necessidade da ampliação dos estudos quanto à educação e às neurociências no que tange o documento que norteia a estrutura da educação brasileira: a Base Nacional Comum Curricular. Um documento que se compromete a garantir os direitos de aprendizagem, assim como o desenvolvimento do sujeito, necessitaria ao menos de projetos que articulam com as neurociências com o processo de desenvolvimento do sujeito. Tal visto que na BNCC os aspectos cognitivos, emocionais e entres outros são mencionados e aproximam, efetivamente, das dez competências gerais apresentadas na BNCC.

Mencionar aspectos cognitivos na estrutura da base nacional, nos aproximam dos estudos sobre o córtex pré-frontal. Referir, como encontra-se na BNCC, sobre o aspecto emocional como uma das dez competências gerais, estaríamos oportunizando nos aproximar de estudos sobre o sistema límbico do nosso cérebro. Frente a essas proposições, elucida-se que as bases neurobiológicas da aprendizagem se processam no campo biológico, social e nos documentos normativos educacionais, em evidência a BNCC.

3 DAS BASES NEUROBIOLÓGICAS DA APRENDIZAGEM À BNCC

Ao discorrer sobre as competências, a aprendizagem e o próprio funcionamento do encéfalo, a proposta de educação não pode prescindir do avanço nos estudos e pesquisas do campo da neuroeducação. Muito tem se investido nas relações entre aprendizagens e neurociências, mas, como visto anteriormente, pouco tem se pesquisado sobre as competências discutidas no campo do currículo a neurociências. Assim, neste capítulo, pretendemos descrever as bases neurobiológicas envolvidas no processo da aprendizagem e do desenvolvimento das competências gerais presentes na BNCC.

3.1 “Começando do início”: o ser biológico

É consenso que desenvolvimento neural humano se inicia nas primeiras etapas da gestação, com os processos de neurogênese e migração neuronal que estabelecem as bases para a formação do Sistema Nervoso Central (SNC). A partir da terceira semana gestacional, já são evidenciadas as primeiras estruturas do SNC, conforme apontado por Riesgo (2016). A quarta semana marca um avanço significativo nesse desenvolvimento, com a formação das principais estruturas do SNC.

O desenvolvimento embrionário do sistema nervoso central (SNC) inicia-se com a formação do tubo neural. A partir de um espessamento do ectoderma, localizado dorsalmente à notocorda, surge a placa neural⁹. Esta, por sua vez, invagina-se, formando o sulco neural, que se aprofunda até que seus lábios se fechem, originando o tubo neural. A dilatação da porção cefálica desse tubo dá origem ao encéfalo, estrutura fundamental para os processos de aprendizagem (Riesgo, 2016).

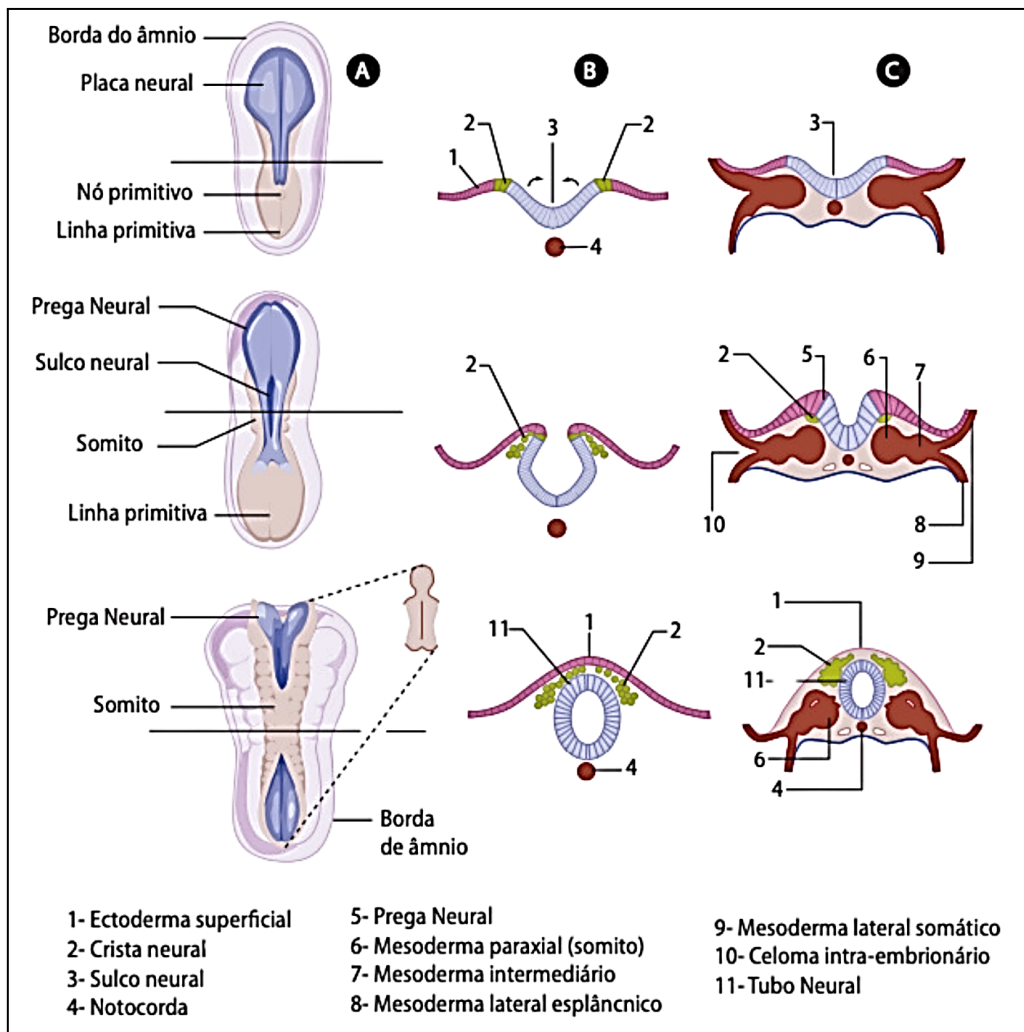
No encontro entre os lábios da goteira neural e a ectoderma, surgem espessamentos celulares que formam, em cada lateral do tubo neural, as cristas neurais. Estas estruturas, localizadas dorsolateralmente ao tubo neural, darão origem a diversos tecidos do organismo, conforme descrito por Machado e Haertel (2014). Concomitantemente, o fechamento do tubo neural, iniciado na região medial,

⁹ Momento em que ocorre o primeiro passo evolucionário, dos sete, das células nervosas.

progredir em direção às extremidades cefálica e caudal, permanecendo temporariamente abertos os neuróporos rostral e caudal (Riesgo, 2016).

A imagem 6 apresenta uma visão do esquema ilustrativo do desenvolvimento neural humano.

Figura 6 - Esquema ilustrativo do desenvolvimento neural humano



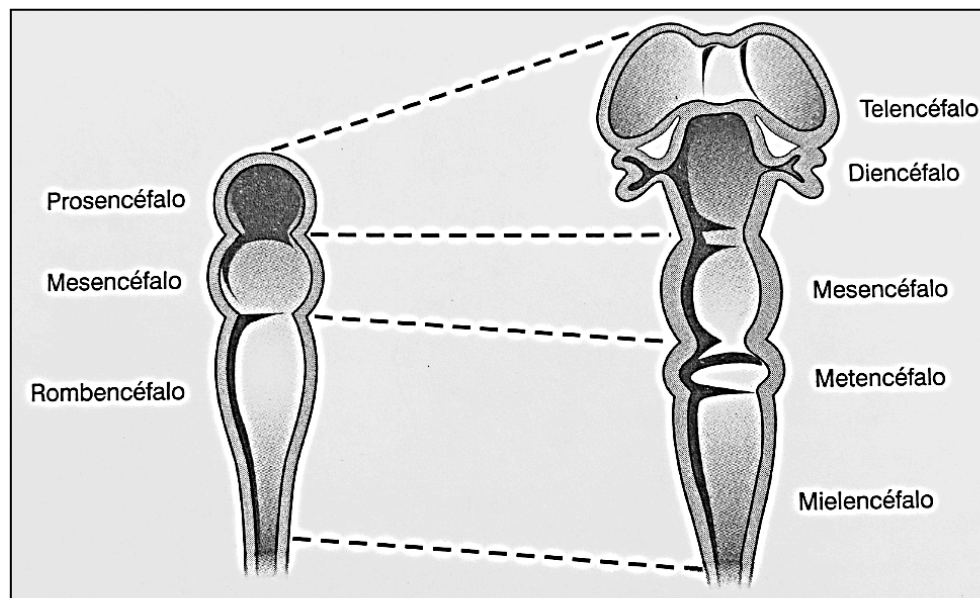
Fonte: Nazari e Müller, 2011, p. 124

No decurso de desenvolvimento embrionário do sistema nervoso central, a formação do encéfalo é um processo gradual, sequencial, completo e dinâmico, marcado por diversas etapas de diferenciação celular e formação de estruturas específicas. Uma das fases cruciais desse desenvolvimento é a origem das vesículas encefálicas, precursoras das principais divisões do cérebro. Sobre esse processo, Riesgo (2016) afirma que

[...] o feto passa por uma fase em que apresenta três dilatações no tubo neural, chamada fase das três vesículas: prosencéfalo, mesencéfalo e rombencéfalo. Posteriormente, ficam definidas cinco dilatações do tubo neural, já então com características similares às do sistema nervoso maduro. É a fase das cinco vesículas: telencéfalo, diencéfalo, mesencéfalo, metencéfalo e mielencéfalo (p.16).

A figura 7 auxilia a elucidar a fase das três dilatações do tubo neural, de acordo com as explicações da neuroanatomia de Machado e Haertel (2014).

Figura 7 - Ilustração das subdivisões do encéfalo



Fonte: Imagem adaptada de Machado; Haertel (2014), p.9

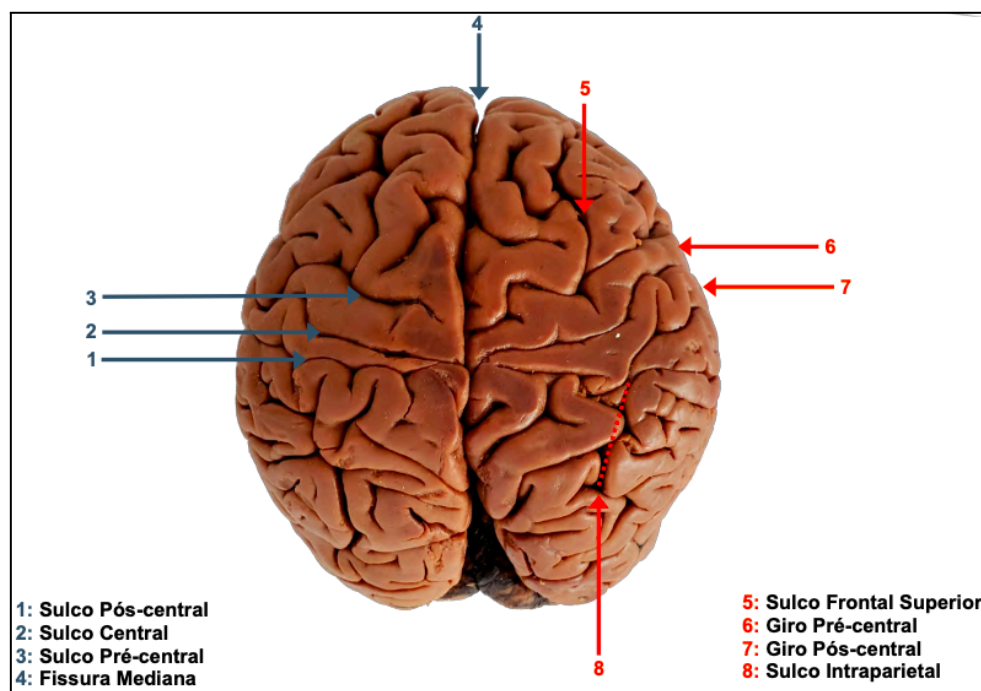
A morfologia do sistema nervoso central é determinada em grande parte pelos eventos que ocorrem durante a formação do tubo neural. Malformações nesse estágio embrionário, como as que afetam as flexuras cefálica e pontina, podem levar a alterações anatômicas significativas no encéfalo, comprometendo seu desenvolvimento e funcionamento, conforme descrito por Riesgo (2016). O estudo das malformações do tubo neural é fundamental para compreender os mecanismos que subjazem ao desenvolvimento do sistema nervoso central, evidenciando a importância desse processo para a formação da morfologia cerebral e para o estabelecimento de conexões neuronais.

O processo de encefalização, caracterizado pelo desenvolvimento acentuado dos hemisférios cerebrais a partir do telencéfalo, é fundamental para a complexidade do encéfalo/cérebro humano. Inicialmente lisos e a partir de dois brotos telencefálicos, os hemisférios cerebrais se expandem e sofrem um processo

de enrugamento, originando os sulcos e giros cerebrais que caracterizam a morfologia do cérebro maduro. Essa complexidade anatômica, descrita por Riesgo (2016), aumenta significativamente a área cortical e, conseqüentemente, a capacidade de processamento de informações.

Reiterando os aspectos já citados, a encefalização é fundamental para a organização funcional do cérebro e está relacionada com a capacidade cognitiva humana, com o desenvolvimento de habilidades complexas, como a linguagem e a resolução de problemas.

Figura 8 - Telencéfalo em visão superior



Fonte: Cunha *et al.*, 2023, p.5

Em busca de compreender o processo de formação do ser biológico, retoma-se a conceituação empreendida sobre o processo embrionário, visto que aos quatro meses de gestação espera-se que as principais estruturas anatômicas. Na direção do que já mencionamos, Machado e Haertel (2014) completam que nessa etapa "o córtex cerebral e cerebelar é liso. Os giros e sulcos são formados em razão da alta taxa de expansão da superfície cortical" (p.10). Os autores ainda apresentam que nesse processo de desenvolvimento do Sistema Nervoso Central, encontram-se os processos de diferenciação e organização do tecido". São elas: proliferação neuronal; migração neuronal; diferenciação neuronal; diferenciação neuronal;

sinaptogênese e formação de circuitos; mielinização; eliminação programada de neurônios e sinapses" (Machado e Haertel, 2014, p.10).

O sistema nervoso, de acordo com critérios anatômicos, é dividido em dois sistemas, sendo eles: sistema nervoso central e sistema nervoso periférico (SNP). O SNC é formado pelo cérebro, cerebelo e medula; já o SNP tem em sua estrutura os nervos, gânglios e as terminações nervosas.

Embasado na funcionalidade do sistema nervoso, o mesmo pode ser dividido em dois grupos: sistema nervoso somático e sistema nervoso visceral (Riesgo, 2016). Além disso, segundo Alexander Romanovich Luria (1902-1977), há mais três sistemas fundamentados, são os sistemas morfofuncionais, compondo-se do seguinte modo:

[...] primeira unidade morfofuncional ou de vigília: constituída por unidade do tronco encefálico e suas conexões pré-frontais, que regem o ciclo sono-vigília. [...] Segunda unidade morfofuncional: tem relação com recepção, armazenamento e análise das informações. [...] Terceira unidade morfofuncional: é a responsável pela programação, regulação e verificação continuada da atividade (Riesgo, 2016, p. 19).

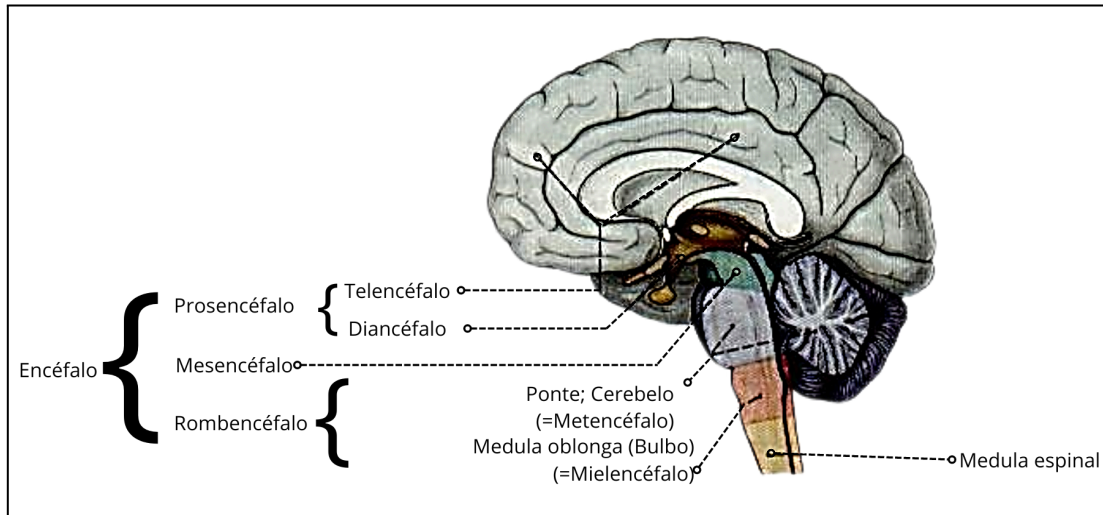
As figuras 9 e 10 apresentam uma representação esquemática do sistema nervoso humano, dividindo-o em suas duas principais componentes: o sistema nervoso central (SNC) e o sistema nervoso periférico (SNP). Essa divisão anatômica reflete a complexa organização funcional do sistema nervoso, responsável por integrar e coordenar todas as funções do organismo. Ao tratar sobre o sistema nervoso, (Consenza; Guerra, 2011, p. 11) escrevem que "é o sistema nervoso que se encarrega de estabelecer essa comunicação com o mundo ao redor e também com as partes internas do organismo".

O SNC e o SNP trabalham em conjunto para garantir o funcionamento adequado do organismo. O SNC processa as informações recebidas do SNP e gera comandos que são transmitidos de volta ao SNP para serem executados. Essa interação contínua permite que o organismo responda de forma eficaz às mudanças do ambiente interno e externo. As imagens apresentadas são uma ferramenta útil para a compreensão da organização anatômica do sistema nervoso.

O encéfalo, órgão central do sistema nervoso central, localiza-se no interior da cavidade craniana e é responsável por uma ampla gama de funções, desde o controle de processos fisiológicos básicos, como a homeostase, até a mediação de

funções cognitivas complexas, como a percepção, a linguagem, a memória e a tomada de decisão.

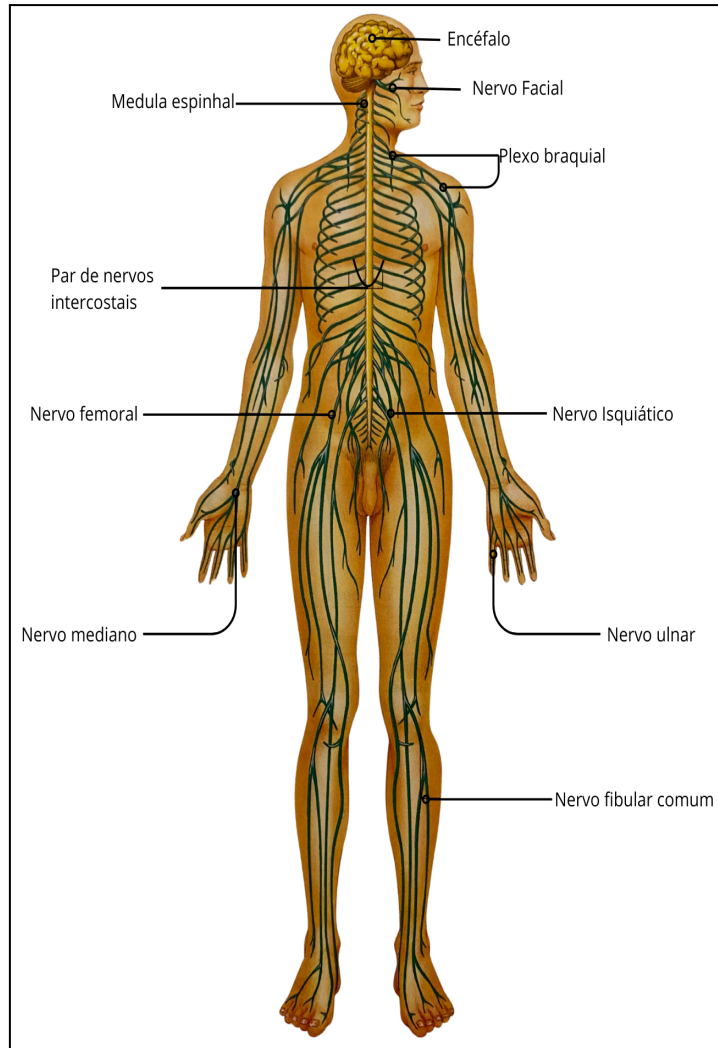
Figura 9 - Sistema nervoso central



Fonte: Imagem adaptada de <https://www.guia.heu.nom.br/cerebro.htm>

O sistema nervoso periférico (SNP) engloba todas as estruturas nervosas localizadas fora do sistema nervoso central (SNC). Composto por nervos cranianos e espinhais, o SNP desempenha um papel crucial na transmissão de informações entre o SNC e os órgãos periféricos, modulando as respostas motoras e sensoriais do organismo.

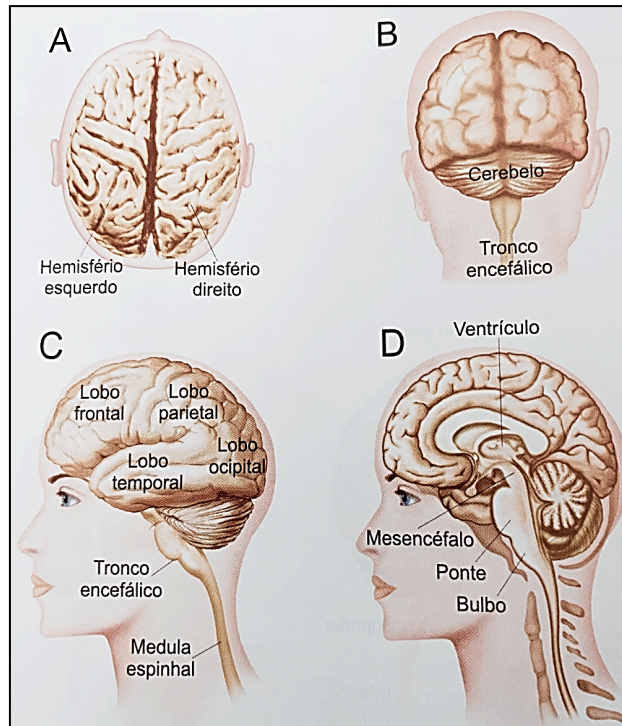
Figura 10 - Sistema nervoso periférico



Fonte: Imagem adaptada de Abrahams, 2009, p. 166

Com a formação do encéfalo apresentando aspecto maduro, nota-se que ele possui dois hemisférios separados: o esquerdo e o direito, que estão conectados pelo corpo caloso, importante estrutura de conexão dos hemisférios direito e esquerdo (Riesgo, 2016).

Figura 11 - Sistema nervoso central



Fonte: Imagem adaptada de Lent, 2010, p.12

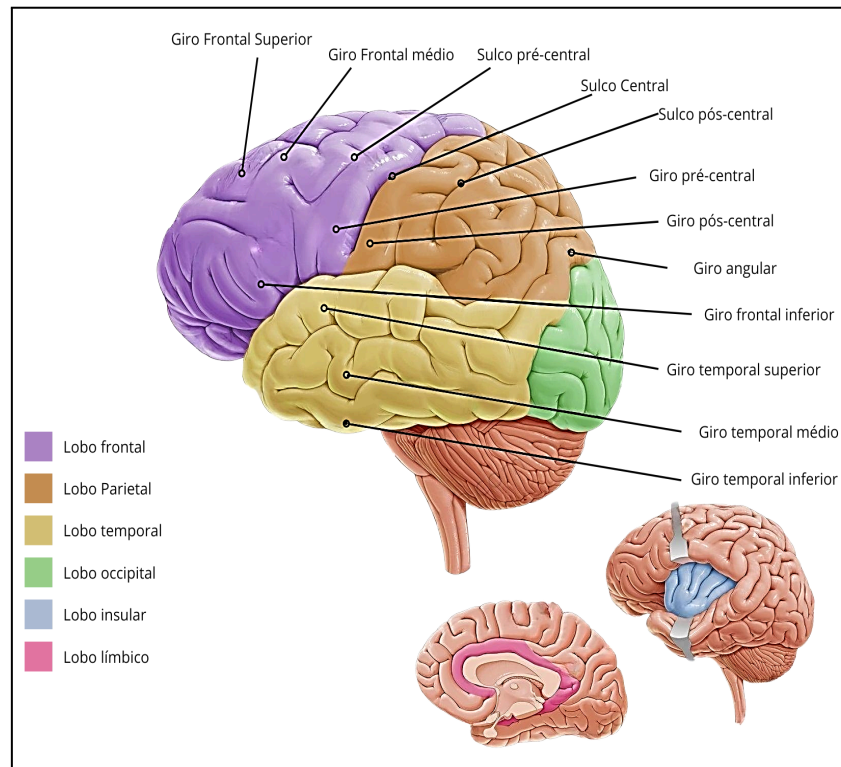
Para melhor compreensão do funcionamento dos hemisférios do cérebro, os lobos foram divididos didaticamente para melhor entendimento das funções de cada um. Tais lobos são nomeados de acordo com sua localização óssea do crânio, sendo:

[...] **o lobo occipital** está relacionado principalmente com a visão; portanto, é um lobo eminentemente sensitivo. Todo o aprendizado de conteúdo visual necessita passar pelo lobo occipital. **O lobo temporal** também é sensitivo e tem várias funções. [...] Estão relacionadas com o olfato, [...] com as emoções e o comportamento, bem como com a parte dos fenômenos da memória [...] e está envolvida na vida de relação social. **O lobo frontal** tem várias funções. O planejamento da fala, [...] planejamento dos atos motores [...]. Outras funções [...], tais como o controle do humor, dos impulsos e o gerenciamento de todas as situações que envolvam a relação entre pessoa e o ambiente. [...] **O lobo frontal** participa da linguagem falada, do controle do humor e dos impulsos. **O lobo parietal** é basicamente sensitivo. As gnosias dependem do lobo parietal e de todas as conexões para se desenvolverem (Riesgo, 2016, p. 24-26). (grifo nosso)

A organização funcional do córtex cerebral é caracterizada por uma especialização hemisférica e lobular. A complexidade das funções cognitivas humanas é sustentada por uma intrincada rede de conexões entre os diferentes

lobos cerebrais. A partir das referências sobre os hemisférios do cérebro, a figura 12 representa a localização dos lobos e os giros que compõem a área de superfície do cérebro.

Figura 12 - Formação dos hemisférios cerebrais



Fonte: Imagem adaptada de <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/sistema-nervoso-central>

Além dos lobos, no fundo do sulco lateral há a chamada ínsula, no entanto a localização da ínsula não possui vínculo direto com a formação óssea do crânio (Machado; Haertel, 2014). Não obstante, o processo de aprendizagem, intrinsecamente vinculado ao sistema nervoso central (SNC), engloba uma complexa rede de processos neurobiológicos que ocorrem em múltiplos níveis, desde a macroestrutura até os mecanismos moleculares. O SNC, composto por encéfalo e medula espinhal, constitui o substrato neural sobre o qual se fundamentam as funções cognitivas, incluindo a aprendizagem. A neurobiologia do aprendizado oferece uma lente para compreender os mecanismos cerebrais subjacentes à aquisição e consolidação de novas informações. Conforme Riesgo (2016), a compreensão integral do SNC, desde a macroanatomia até os processos

moleculares, é fundamental para elucidar os mecanismos neurobiológicos da aprendizagem.

Uma abordagem mais holística e integrada do sistema nervoso central (SNC), que transcende as categorizações fixas, contribui significativamente para a compreensão dos processos de desenvolvimento e aprendizagem. Ao considerar o desenvolvimento como um processo centralizado e inter-relacionado com as estruturas e processos biológicos e as experiências ambientais, torna-se possível elucidar os mecanismos pelos quais o cérebro aprende, conforme sugerido por Filho e Bridi (2016).

A compreensão dos processos de aprendizagem exige uma perspectiva contextualizada que leve em consideração a complexidade do sistema nervoso central (SNC). Uma abordagem integral do sistema nervoso central (SNC), que considere a interação entre os processos biológicos e socioambientais, é fundamental para compreender os mecanismos subjacentes à aprendizagem. Conforme Filho e Bridi (2016), ao centralizar o desenvolvimento e considerar a relação entre a estrutura biológica e o meio, é possível aprofundar o conhecimento sobre como o cérebro aprende.

A neurogênese, processo de geração de novos neurônios, é exuberante durante o desenvolvimento embrionário e pós-natal, resultando em um excedente neuronal. A subsequente poda sináptica, um processo seletivo que elimina sinapses inativas ou pouco eficazes, refina as conexões neurais, otimizando a funcionalidade cerebral. Esse processo de seleção sináptica, dependente da atividade neuronal, molda as conexões cerebrais e subjaz à plasticidade neural. (Consenza; Guerra, 2011).

Em relação ao tecido nervoso, como bem destaca Machado (2014, p. 19), é interessante ressaltar que "o tecido nervoso compreende basicamente dois tipos celulares: os neurônios e as células gliais ou neuróglias". Por meio das duas células principais, há um funcionamento integrado no sistema nervoso, "formando circuitos neurônio-gliais que dão conta não só de processar as informações que vêm do ambiente externo e do meio interno, como as que são geradas pelo próprio sistema nervoso" (Lent, 2010, p.74).

A compreensão dessa complexa rede neuronal-gliial é crucial para desvendar os mecanismos latentes das diversas funções do sistema nervoso. Embora os neurônios sejam tradicionalmente considerados as unidades funcionais do sistema

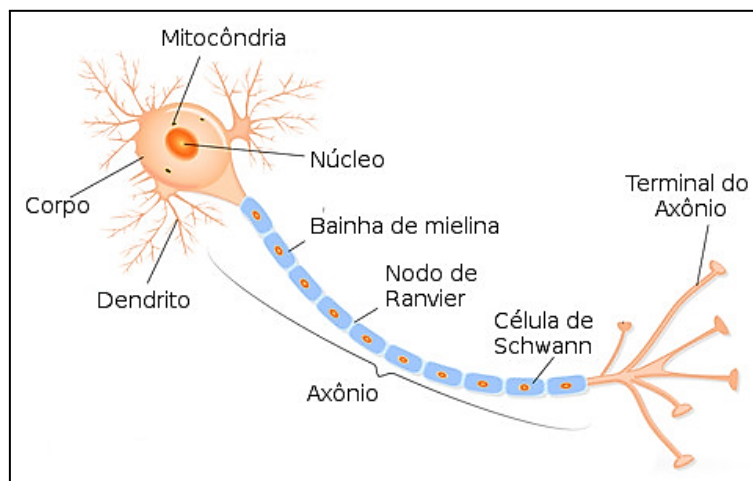
nervoso, as células gliais desempenham um papel fundamental na modulação da atividade neuronal e na manutenção da homeostase cerebral. Conforme destacado por Machado (2014) e Lent (2010), a interação entre neurônios e células gliais forma uma rede complexa que subjaz a diversas funções cognitivas e comportamentais.

Em face disso, realça-se que

[...] o neurônio, portanto, é uma célula especializada, com vários prolongamentos para a **recepção de sinais (dendritos)** e **um único para a emissão de sinais (axônio)**. [...] Essa capacidade do neurônio é conferida por sua membrana plasmática, uma estrutura especializada na produção e na propagação de impulsos elétricos. Sua característica mais importante é a presença de diferentes tipos de canais iônicos, macromoléculas embutidas na membrana capazes de permitir a passagem seletiva de íons para dentro e para fora do neurônio (Lent, 2010, p.74). (grifo nosso)

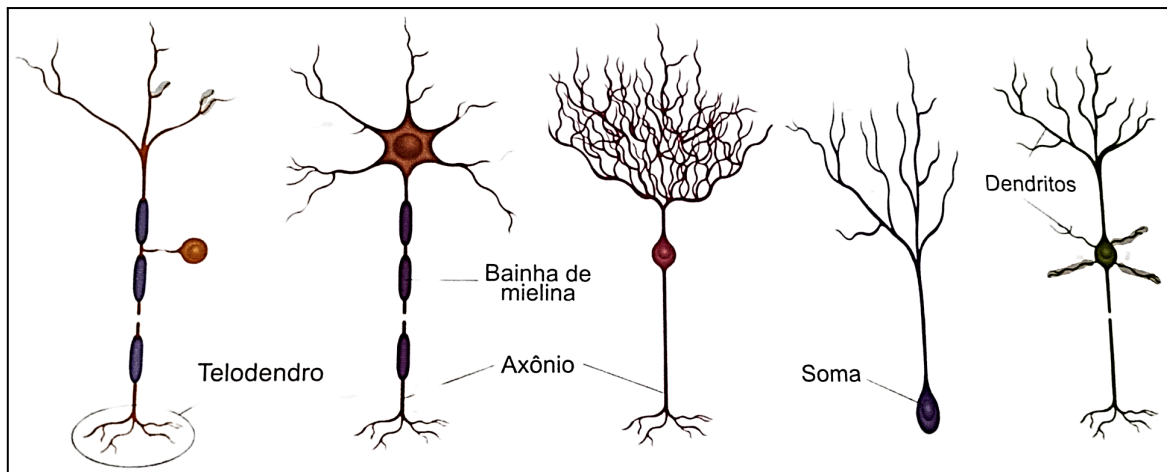
O neurônio, unidade fundamental do sistema nervoso, é uma célula altamente especializada, caracterizada por sua capacidade de receber, processar e transmitir informações. Sua morfologia, com múltiplos dendritos para a recepção de sinais e um único axônio para a transmissão, reflete essa função especializada. Considerando as elucidações, é possível observar as estruturas dos neurônios e suas variações nas imagens a seguir.

Figura 13 - Estrutura de um neurônio



Fonte: Oliveira, s.a

Figura 14 - Tipos de neurônios



Fonte: Imagem adaptada de Lent, 2010, p. 17

O reconhecimento das bases neurobiológicas e a organização funcional do sistema nervoso com suas disposições, faz-se possível compreender que a neurociência tem demonstrado que o cérebro é um órgão altamente plástico, capaz de se modificar em resposta a experiências e estímulos, ampliando o olhar da pessoa como ser biológico e social.

3.2 A aprendizagem e o ser biosocial

Na interação entre o biológico e o social, a aprendizagem não se limita à ativação de áreas cerebrais específicas, mas envolve a construção de redes neurais complexas que permitem a integração de informações e a formação de conceitos. Além disso, torna-se necessário salientar que há uma complexidade no processo de aprendizagem que envolve múltiplas áreas do sistema nervoso, que transcende a estrutura neural básica, englobando dimensões relacionais e funcionais do cérebro. À vista disso, a formação de extensas redes neurais, resultantes de diversas interações, é fundamental para a consolidação do aprendizado, como apontam Rotta, Filho e Bridi (2018).

Fonseca (2015) propõe um modelo de aprendizagem como um sistema dinâmico complexo, no qual a interação entre *input*, processos cognitivos, *output* e retroalimentação é fundamental. Nesse contexto, funções neurocognitivas como atenção, percepção, memória e emoção emergem como elementos cruciais para a construção e consolidação do conhecimento, sustentando construção de representações mentais cada vez mais complexas.

Nesse contexto, é significativo ressaltar a relevância da estimulação ambiental para a consolidação da plasticidade neuronal. A literatura (Rotta, Filho & Bridi, 2018) evidencia que as experiências vivenciadas pelo indivíduo desempenham um papel crucial na modulação das redes neurais, sendo a plasticidade sustentada pelo uso contínuo e pela exposição a ambientes enriquecedores. Nesse sentido, a estimulação ambiental contribui substancialmente para a neurogênese e a formação de novas conexões sinápticas.

A formação e a reorganização das redes neurais são influenciadas de forma significativa pelas experiências vivenciadas ao longo da vida. Conforme demonstrado por Rotta, Bridi Filho e Bridi (2018), a plasticidade neuronal é um processo dinâmico, dependente da exposição a ambientes enriquecedores, que promovem a neurogênese e a sinaptogênese, fortalecendo as conexões neuronais. Por conseguinte, a exposição ao ambiente estimulador emerge como um fator crucial para o desenvolvimento cognitivo e a aprendizagem.

A plasticidade neuronal, um processo dinâmico moldado pelas interações do indivíduo com o meio, demonstra a relevância de ambientes enriquecedores para o desenvolvimento cognitivo. Conforme destacado por Rotta, Filho e Bridi (2018), a exposição a estímulos ambientais variados e desafiadores promove a consolidação das redes neurais, otimizando a aprendizagem e a adaptação comportamental. O ambiente desempenha um papel crucial na modulação da plasticidade neuronal, processo pelo qual as conexões sinápticas são continuamente reestruturadas em resposta às experiências.

Em relação à aprendizagem, o autor Lent (2019) defende que é um processo cognitivo fundamental, que envolve a aquisição, a retenção e a recuperação de informações do ambiente, do sujeito com seu cérebro. Nesse contexto, a memória, como substrato neural da aprendizagem, permite a retenção e a recuperação dessas informações, moldando o comportamento do indivíduo. No processo de aprendizagem, a memória emerge como um componente essencial, uma vez que permite a preservação das experiências passadas, influenciando o comportamento presente e futuro, como um processo global.

Dentre essas contribuições, a interação entre sujeitos corrobora, efetivamente, para o processo de ensino-aprendizagem, dado que "isso significa que as interações recíprocas entre os cérebros desses indivíduos, durante qualquer tipo de comunicação, ativam mecanismos de neuroplasticidade [...]" (Lent, 2019, p.

105). Sob esse viés, a interação social, por sua vez, desempenha um papel crucial na modulação desses processos, promovendo a troca de informações, a partir da interação com o meio.

A aprendizagem, como um processo fundamental para o desenvolvimento humano, é moldada por diversos fatores, dentre eles as experiências individuais e sociais. A interação com o meio ambiente desempenha um papel crucial na construção do conhecimento, promovendo a aquisição de novas informações e a reorganização das estruturas cognitivas. Filho; Bridi (2016) trazem a explicação de aprendizagem, dizendo que

[...] é um elemento intrínseco à condição humana. Aprendemos a todo o momento, em um processo de interação permanente com o meio, manifestando diferentes níveis de complexidade referentes ao conhecimento construído (p. 17).

No desenvolvimento da aprendizagem do encéfalo/cérebro, fez-se presente a menção das principais funções nesse processo. A atenção é manter como cerne a consciência, condensando os processos cognitivos em uma exclusiva tarefa e dispendo as demais do que não é prioridade (Lent, 2010). Durante essa seleção de informações que o encéfalo/cérebro recebe, a atenção nos capacita em focalizar momentos/informações que nos são necessárias, deixando afastado quaisquer aspectos do ambiente que não se tornam úteis em determinada situação.

No que tange a atenção, há dois aspectos principais que deve se considerado, são elas:

(1) a criação de um estado geral de sensibilização, conhecido atualmente como alerta, e (2) a focalização desse estado de sensibilização sobre certos processos mentais e neurobiológicos - a atenção propriamente dita. [...] A atenção mental pode ser chamada *cognição seletiva*, enquanto a atenção sensorial é chamada *percepção seletiva* (Lent, 2010, p. 631).

A entrada dos estímulos que recebe do meio externo, é acolhida pelas cinco vias sensoriais: tato, olfato, audição, visão e gustação. Munido da atenção sensorial, essa captação de informações pode ser denominada como percepção e a partir dessa percepção que se inicia o aprendizado. Tabaquim (2015) ressalta que na percepção, as referências sensoriais possuem vínculo direto com o conhecimento presente na memória armazenada. Com isso, faz-se necessário a interpretação e a reinterpretação mental para estabelecer a percepção (Tabaquim, 2015).

No que se refere à memória, Lent (2010) afirma que se trata da competência do homem e do animal em arquivar dados, sendo capazes de reavê-los e utilizá-los sucessivamente. Contudo, faz-se necessário ressaltar que a memória não é aprendizagem e sim, o processo de obtenção de armazenamento de informações. A memória possui classificação em tipos diferentes, relacionando ao tempo de retenção, sendo:

(1) memória ultrarrápida ou imediata, cuja retenção não dura mais que alguns segundos; (2) memória de curta duração, que dura minutos ou horas e serve para proporcionar a continuidade do nosso sentido do presente, e (3) memória de longa duração, que estabelece engramas duradouros (dias, semanas e até mesmo anos) (Lent, 2010, p. 649).

A memória além de ser classificada pelo tempo de retenção, também pode ser classificada referente a sua natureza, sendo elas a memória explícita; memória implícita e a memória operacional ou memória de trabalho (Lent, 2010).

Para Lent (2010), a emoção é uma vivência relativa, intrínseca, peculiar que conduz a indícios fisiológicos e comportamentais notáveis. De acordo com as informações, estímulos e reforço, as emoções podem ser consideradas positivas (causam prazer) e negativas (que causam desprazer). Assim sendo, a emoção pode ser categorizada em dois grupos de emoções.

Pode-se classificar ainda, as emoções humanas em três grupos: as primárias, as secundárias e as emoções de fundo.

As emoções primárias são inatas e existem em todas as pessoas, independentemente de fatores sociais e culturais. [...] As emoções secundárias são influenciadas pelo contexto social e cultural: são, portanto, aprendidas, e não inatas: culpa, vergonha, orgulho. [...] As emoções de fundo são uma categoria definida pelo neurologista português António Damásio, e referem-se a estados gerais de bem-estar ou mal-estar, de ansiedade ou apreensão, de calma ou tensão (Lent, 2010, p. 716-717).

Quando chega ao cérebro pelas vias sensoriais, as informações externas são recepcionadas por cada lobo cerebral de acordo com sua especialidade, assim sendo, as sensações que identificamos acontecem via córtex cerebral. Por meio dos receptores e das cadeias neuronais os dados informativos chegam a alguma região do córtex cerebral, tornando assim, as informações conscientes (Cosenza; Guerra, 2011).

Diante do exposto, pode-se aludir que o encéfalo/cérebro aprende contendo determinadas funções, em distintos circuitos e sistemas, enviados às respectivas regiões corticais e identificando-as, tornando assim, consciente suas funcionalidades (Cosenza; Guerra, 2011).

Além da atenção, memória, percepção e emoção, um fator de destaque, que se faz presente no processo de aprendizagem do cérebro, é a neuroplasticidade ou plasticidade. Esse conceito, desenvolvido por Alexander Luria por meio do estudo de pacientes lesionados durante a Segunda Guerra Mundial. Segundo Oliveira e Rego (2010), Luria apresentou o cérebro como um sistema dinâmico, desobstruído, em contínua interação com o meio social e físico vivido pelo sujeito. Para as autoras, a plasticidade cerebral consiste nas funções cognitivas superiores humanas, que foram delineadas no processo de evolução da espécie, no contexto sociocultural e do desenvolvimento do homem (Oliveira; Rego, 2010).

Assim, consideramos que a neuroplasticidade é a capacidade de modificação que os neurônios têm frente às interações que o indivíduo vivencia com o ambiente externo. Para Lent (2010),

[...] a capacidade de adaptação do sistema nervoso, especialmente a dos neurônios, às mudanças nas condições do ambiente que ocorrem no dia a dia da vida dos indivíduos, chama-se neuroplasticidade, ou simplesmente plasticidade, um conceito amplo que se estende desde a resposta a lesões traumáticas destrutivas, até as sutis alterações resultantes dos processos de aprendizagem e memória (p.149).

Com a potencialização das informações e estímulos em face ao ambiente externo, a plasticidade torna-se multidimensional dado que a sua atuação perpassa pelos campos neuroquímico, hedológico e comportamental. Todos esses campos corroboram para as adaptações do sistema nervoso, nas modificações dos neurotransmissores e enfatizam a importante diferenciação de padrões de sinapse que acontecem em cada indivíduo (Filho; Bridi, 2016).

No que diz respeito a como o cérebro aprende, a plasticidade sináptica é precursora no modelo celular e molecular da memória. A plasticidade sináptica ocorre quando a comunicação entre dois neurônios se torna regulada, ou seja, quando o disparo do primeiro neurônio e do segundo alcançam a estabilidade. Quando a coincidência temporal ocorre, a passagem de informações é facilitada

tornando-se estável e moldável de acordo com o meio que o sujeito está inserido (Lent, 2010).

A plasticidade sináptica fez com que Kandel realizasse experimentos em organismos invertebrados como aplísias, pois demonstram formas de aprendizagem parecidos com os organismos mais complexos (seres humanos), mesmo possuindo um sistema nervoso bastante simples. Nesse experimento, houve a adaptação de estímulos frequentes inofensivos, sensibilização a estímulos nocivos e condicionamento clássico de Ivan Pavlov. Esses processos foram realizados de maneira rápida e/ou duradoura (Lent, 2019).

Quando o estímulo do indivíduo se torna duradouro a habituação torna-se constante, transformando assim, numa verdadeira aprendizagem. A aprendizagem se consolida quando as forças sinápticas se modificam, caracterizando uma modificação estrutural e o acúmulo no sistema, de tal maneira que o comportamento porvir do indivíduo, torna-se vinculado com as vivências do passado. Na visão de Holloway *apud* Rotta, Filho e Bridi (2018), a aprendizagem acarreta o fortalecimento das conexões neuronais quando ocorrem novas conexões entre os neurônios, com isso a capacidade de comunicação química aumenta.

Para Ohlweiler (2016),

[...] a aprendizagem é um evento sináptico, e, no seu transcurso, são produzidas modificações moleculares. Na aprendizagem, há uma etapa de aquisição e outra de consolidação. [...] Na etapa de aquisição da aprendizagem, ocorre o surgimento de novas sinapses e uma modificação nas existentes, naqueles neurônios com sinapses modificáveis. Na etapa de consolidação, ocorrem modificações bioquímicas e moleculares nos potenciais pós-sinápticos que se referem à memória (p.36).

Para que a aprendizagem se consolide no indivíduo, torna-se necessário a relação entre a ação e a necessidade, entre as necessidades internas e o desejo. "Além disso, os estados motivacionais aumentam o nível de vigília, o limiar comportamental e acentuam a capacidade de agir, possibilitando melhor enfrentamento e adaptação ao contexto" (Tabaquim, 2015, p. 105).

Em suma, a motivação e os estados motivacionais ocasionam acomodações e impulsos internos, tanto físico quanto comportamental. Em alguns casos, pode-se mencionar que a motivação ocorre com certa constância no organismo interno, tornando-se parte dos mecanismos homeostáticos (Lent, 2010).

A principal região cerebral responsável pela motivação é o hipotálamo,

[...] pois essa região diencefálica: (1) comunica-se extensamente com grande número de regiões do SNC; (2) comunica-se com diversos órgãos periféricos através do sistema nervoso autônomo (SNA) e do sistema endócrino e (3) recebe informações de todos os órgãos que controla (Lent, 2010, p. 536).

Além da motivação, o processo de aprendizagem do cérebro também conta com o sistema de recompensa. Sabe-se hoje, que alguns estímulos dessa área compõem o sistema dopaminérgico mesolímbico ou sistema de recompensa. Segundo Machado e Haertel,

[...] o sistema de recompensa premia com a sensação de prazer os comportamentos importantes para a sobrevivência, mas é também ativado por situações cotidianas que causam alegria como, por exemplo, quando rimos de uma piada, vencemos algum desafio, conquistamos uma vitória, tiramos uma nota boa na escola ou simplesmente quando vemos as pessoas que amamos felizes (2014, p. 267).

Já Cosenza (2012) corrobora sobre o chamado Circuito de Recompensa de forma que

[...] o comportamento cotidiano, o qual deve ser flexível e adaptativo, requer não apenas a identificação e a avaliação de uma provável gratificação, mas também a capacidade de escolher uma ação adequada e de inibir ações inadequadas, com base na aprendizagem e nas experiências anteriores. Portanto, é necessário haver integração entre circuitos ligados à gratificação com outros envoltimentos na cognição e no planejamento motor (p.120).

O processo de aprendizagem do encéfalo/cérebro é de ordem muito complexa, que permeia por sistemas com funções distintas, além de considerar a plasticidade do cérebro, o que contribui com a subjetividade que cada indivíduo possui em aprender. A subjetividade e os elementos intrínsecos presentes na rede neural do cérebro aprendiz, corrobora para a sustentação do processo de obtenção do conhecimento (Bridi Filho; Bridi, 2016).

Considerando a aprendizagem do cérebro como componente central que une distintas áreas do conhecimento, o alinhamento da genética, da biologia, do aprendizado define o versátil processo de compleição do sujeito, até mesmo no âmbito educacional formal (Filho; Bridi, 2016).

Tratando-se da aprendizagem formal, as neurociências emergem com uma nova área de estudos científicos relacionados com a área educacional, a

neuroeducação. A neuroeducação surge como ferramenta chave e fundamental, para fundir as conexões das múltiplas áreas que colaboram com a educação. Brandão e Caliatto (2019), salienta que identificar e compreender o processo de aprendizado do cérebro, associando com os estudos científicos vêm viabilizando a ampliação de novas áreas de conhecimento e desenvolvendo dados científicos sobre a aprendizagem.

Ademais, a neuroeducação corrobora, também, na formação dos profissionais da educação; uma vez que no processo de formação do profissional da educação há uma deficiência da aplicação dos conhecimentos da neurociência nas disciplinas e discussões na formação de professores, pois no decorrer histórico da formação para a docência, os conteúdos estavam voltados para temáticas objetivas (Gadotti, 2003).

Brandão e Caliatto (2019) destacam que a expansão e otimização da neuroeducação deve ser enfatizada para a qualificação da docência e amplificação de pesquisas no campo da educação, uma vez que essa valorização da neuroeducação pode vir a contribuir para o fortalecimento da qualidade na esfera educacional. Além disso, com a inclusão dos conhecimentos das neurociências há uma grande possibilidade da ampliação de um arcabouço teórico que ajuda na compreensão das aprendizagens escolares. Vieira (2012) salienta que

[...] a espera de profissionais específicos capazes de construir pontes entre educação e neurociências, não deve configurar obstáculo para que se lance mão dessas discussões em ambientes interessados em promover ensino que utilize prerrogativas neurocientíficas (p.36).

Com a ampla e multidisciplinar abordagem para pesquisa, a neuroeducação possui princípios básicos, enumerados por Tokuhama-Espinosa (2008), que corrobora como fio condutor nas áreas da educação e neurociência. Sem ordem relevante, a autora elenca 14 princípios básicos de cada cérebro aprendiz individual:

(a) estudantes aprendem melhor quando são altamente motivados do que quando não têm motivação; (b) stress impacta aprendizado; (c) ansiedade bloqueia oportunidades de aprendizado; (d) estados depressivos podem impedir aprendizado; (e) o tom de voz de outras pessoas é rapidamente julgado no cérebro como ameaçador ou não-ameaçador; (f) as faces das pessoas são julgadas quase que instantaneamente (*i.e.*, intenções boas ou más); (g) feedback é importante para o aprendizado; (h) emoções têm papel-chave no aprendizado; (i) movimento pode potencializar o aprendizado; (j) humor pode potencializar as oportunidade de aprendizado;

(j) nutrição impacta o aprendizado; (k) sono impacta consolidação de memória; (l) estilos de aprendizado (preferências cognitivas) são devidas à estrutura única do cérebro de cada indivíduo; (m) diferenciação nas práticas de sala de aula são justificadas pelas diferentes inteligências dos alunos (Tokuhama-Espinosa, 2008, p.78) (Tradução livre).

No âmbito mais amplo dos cérebros aprendizes, a neuroeducação, para Tokuma-Espinosa, pode seguir algumas práticas instrucionais, como a autora elenca:

(a) cada cérebro é único e unicamente organizado; (b) cérebros são especializados e não são igualmente bons em tudo; (c) o cérebro é um sistema complexo, dinâmico e em modificação diária, pelas experiências; (d) cérebros são considerados 'plásticos' e continuam a se desenvolver ao longo de suas vidas; (e) aprendizado é baseado em parte na habilidade do cérebro de se auto-corriger e aprender pela experiência, através da análise de dados e auto-reflexão; (f) a busca por sentido é inata na natureza humana; (g) a busca por sentido ocorre através de 'padronizações'; (h) aprendizado é baseado em parte na habilidade do cérebro de detectar padrões e fazer aproximações para aprender; (i) emoções são críticas para detectar padrões; (j) aprendizado é baseado em parte na capacidade do cérebro para criar; (k) aprendizado é potencializado pelo desafio e inibido pela ameaça; (l) o cérebro processa partes e todo simultaneamente (é um processador paralelo); (m) cérebros são projetados para flutuações mais do que atenção constante; (n) aprendizado envolve tanto atenção focada quanto percepção periférica; (o) o cérebro é social e cresce na interação (tanto quanto na reflexão pessoal); (p) aprendizado sempre envolve processos conscientes e inconscientes; (q) aprendizado é desenvolvimental; (r) aprendizado recruta a fisiologia completa (o corpo impacta o cérebro e o cérebro controla o corpo); (s) diferentes sistemas de memória (curto prazo, de trabalho, longo prazo, emocional, espacial, de hábito) aprendem de formas diferentes; (t) informação nova é arquivada em várias áreas do cérebro e pode ser evocada através de diferentes rotas de acesso; (u) o cérebro recorda melhor quando os fatos e habilidades são integrados em contextos naturais; e (v) Memória + Atenção = Aprendizado (p. 79-80) (Tradução livre).

No contexto escolar, faz-se necessário considerar o indivíduo e as suas maneiras de se manifestar no processo de aprendizagem. Uma vez que entendemos o que acontece com o cérebro no processo de desenvolvimento do educando, torna-se possível a criação de adequações visando o estímulo ao crescimento, a condecoração de fatores de risco e o reconhecimento de falhas na trajetória escolar do alunado (Jacowski *et al*, 2014).

Na vivência escolar, a educação baseada em evidências (EBE) contempla a tomada de decisões mais assertivas em relação aos processos e estratégias educacionais. Na educação essas práticas possuem três características, são elas:

o uso da melhor evidência disponível (dado por pesquisas na área de interesse), a consideração pelo contexto e os valores do aprendiz e a necessidade de perícia daquele que toma as decisões educacionais (p. ex., o professor), a qual é determinada muito mais pelos anos e intensidade de treinamento do profissional do que pelos anos de experiência independente (Slocum *et al.*, 2014) (Santos; Sella; Ribeiro, 2019, p. 2).

Por conseguinte, se houver a união da neuroeducação e seus princípios básicos, suas práticas instrucionais e as características da EBE, torna-se possível afirmar que esses mecanismos são ferramentas que contribuem para as avaliações constantes do educando de maneira integral e reconhecendo a subjetividade de cada cérebro em aprendizado. A EBE tem uma condição para ser efetivada na prática educacional: a parceria família, escola, sociedade, organizações, entre outras instâncias. Santos; Sella e Ribeiro (2019) salientam que

[...] um aspecto importante das EBEs é a necessidade de avaliação sistemática e constante das intervenções utilizadas no local onde se decide adotá-las, ou seja, deve haver uma parceria entre ciência e sociedade: aqueles que decidirem por adotar uma determinada EBE devem produzir e disseminar as adaptações e os resultados produzidos em seu próprio contexto (p. 2-3).

No âmbito da educação, comenta-se, com frequência, a respeito das contribuições de abordagens inter, trans e multidisciplinares para alcançar a contemplação da formação plena e integral do sujeito em desenvolvimento. Ao relacionar os conceitos das neurociências com as competências gerais presentes na BNCC, nos deparamos com certas disputas no que tange o aspecto simplista de determinadas vertentes da neurociência biológica, tão somente; assim como temos a visão da competência como ideologia que determina as representações de normas, valores, produtividade e divisões sociais.

Em face do exposto, percebe-se que abordagens normativas e deterministas encontram-se efetivas nos discursos que apontam as ações humanas decorrentes da função do encéfalo, exclusivamente. Da mesma forma, é notório a concepção da competência com o caráter dominante, que invalida as diferenças presentes no campo educacional da sociedade. Levando em consideração esses aspectos, nota-se que o desígnio que se pretende para compreender as contribuições das neurociências no desenvolvimento das competências gerais da base, avançam na contramão de características limitantes existentes na neurociência, nas competências e no documento norteador: a Base Nacional Comum Curricular.

Dentre os inúmeros motivos que nos levam a criticar um dos polos de disputa presentes nessas temáticas, é incontestável os pontos relevantes que trouxeram para o âmbito educacional os estudos curriculares e neurocientíficos. Não obstante, a BNCC ao se apresentar como um documento norteador, nota-se um certo encantamento que favorece a inércia, a uma lista de competências e habilidade milagrosa que conduz a uma teoria de currículo colocada em ação, porém fora da realidade que reconhece o ser humano como ser integral, um ser orgânico, cultural, biológico, social. A de se reconhecer a contradição existente na BNCC pelo fato de ignorar as diferenças em um país com dimensões continentais, com sujeitos de diferentes culturas, com diferenças socioeconômicas e práticas sociais, estruturas neurobiológicas que influenciam, efetivamente, no desenvolvimento educacional do ser humano. É na perspectiva de um currículo crítico que denuncia, que indaga 'o por quê?'; que expõe 'a quem interessa?' e sobretudo, 'o quê' se revela, que pretendemos trilhar.

Em consequência disso, faz-se necessário apontar o olhar para as neurociências em diálogo com as competências gerais da base, de modo a potencializar os processos educacionais, desenvolvendo um currículo *nas* diferentes competências presentes no processo do ensino-aprendizagem e não *para* as competências de ensino. Isso pois, "a normalização de competências é o processo de definição de um conjunto de padrões ou normas válidas em diferentes ambientes produtivos" (Ramos, 2002, p.81).

A BNCC foi criada com o foco no desenvolvimento de competências gerais, assim todas as orientações e direcionamentos pedagógicos devem estar pautadas no desenvolvimento das competências. No documento norteador, o enfoque visa que "os alunos devem "saber" (considerando a constituição de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores) e, sobretudo, do que devem "saber fazer" (considerando a mobilização desses conhecimentos, habilidades, atitudes e valores [...])" (Brasil, 2018, p.13). Portanto, em virtude da primordial interlocução entre neurociência e educação, afloram as instigações, as provocações e os desafiadores debates que alavancam o progresso de ambas as vertentes (Cosenza; Guerra, 2011).

Vale salientar ainda, a necessária conexão entre o desenvolvimento das competências gerais da BNCC com esse processo que ocorre biologicamente, que será apresentado no capítulo 5. Considerando que as competências abordadas pelo

documento do MEC estão voltadas para o contexto educacional, faz-se notar, entretanto, que a neurociência está presente no processo neurobiológico de cada competência, uma vez que as estruturas e o funcionamento neuronal ajudam no desenvolvimento delas.

Embora a BNCC seja um documento referência para as elaborações de currículos, de materiais didáticos, de políticas de formação de educadores, além de contribuir, claramente, nos critérios avaliativos; idealizamos a relevância de descortinar os princípios da neuroeducação a benefício do desenvolvimento das competências gerais, visando a reconstrução desses estudos como recurso para a preparação de educandos/cidadãos como membros ativos e críticos de uma sociedade, que se reconhecem como ser integral.

4 SER INTEGRAL, NEUROEDUCAÇÃO E CONHECIMENTO

No capítulo anterior, buscamos estabelecer as bases neurobiológicas envolvidas no processo de desenvolvimento das competências gerais presentes na BNCC. Por essa trilha, pretendemos aprofundar a investigação no tocante aos princípios das neurociências e suas relações com o campo da educação à construção das competências gerais da BNCC.

Para além das questões neurobiológicas, a investigação se volta para a questão das neurociências aplicadas na educação e seu papel no desenvolvimento das competências gerais da BNCC. Agora, vamos ao encontro da incindibilidade do ser, ou seja, contra a cisão do ser em biológico ou social, para a compreensão do ser integral, sujeito de conhecimento e aberto ao aprendizado

O desenvolvimento humano encontra-se em um processo complexo e multifacetado. Não raro, toma-se conhecimento sobre a importância dos impactos culturais e sociais no processo de desenvolvimento da pessoa humana, por meio de pesquisas de naturezas educacionais e das ciências humanas. Apesar disso, estudos sobre o desenvolvimento do sujeito situam-se em um campo de reflexões teóricas com perspectiva social. Essa abordagem permite compreender como as interações sociais e culturais moldam a identidade e o comportamento das pessoas na sociedade.

Entendendo a importância e abrangência de estudos já existentes no campo educacional voltadas para o ser histórico, para atividade humana, para o campo de experiências socioculturais; este capítulo se dedica a abordar ideias de autores que possibilitam alinhar o diálogo entre o sujeito biológico e sujeito social no processo de desenvolvimento da pessoa humana.

Não obstante, compreendemos as singularidades presentes em estudos no campo social do sujeito em desenvolvimento educacional, assim como no campo biológico e no processo de desenvolvimento do ser neurobiológico. Ademais, buscamos analisar em conjunto as influências dos campos sociais/culturais e do ser neurobiológico em um contexto abrangente. Essa abordagem multifacetada permite a validação cruzada dos conceitos de diferentes autores, possibilitando a construção consistente da sustentação do objeto da pesquisa e a contribuição significativa deste estudo.

4.1 A pessoa humana: um ser sócio-biológico

Tendo em vista os aspectos apresentados, torna-se relevante voltar o olhar para o sujeito biológico, assim como conectar estudos dos fenômenos sociais ao sujeito integral, coadunando o sujeito composto por histórias, cognição, biologia, fisiologia, culturas, emoções e inegavelmente, composto por uma equação intérmina de manifestações sociais.

Não obstante, percebe-se a cisão entre o biológico e o social no que se refere ao ser humano, quando abordamos o sujeito como se fosse somente biológico ou somente social ou seja, com a dissociação do biológico do social. Torna-se de suma importância salientar que a pessoa humana não deixa de ser social quando é biológico, nem deixa de ser biológico quanto social, “portanto, não é suficiente focalizar o corpo em separado, devendo-se buscar o ser humano em sua estrutura complexa, que não pode ser simplificada”, como versa Alves (2004, p.23).

Estudos voltados para a pessoa humana se apresentam em constante transição e modificação do ponto de vista do que é o corpo e seu significado. Tendo em consideração esse constante movimento das concepções de corpo, trilhamos ao encontro do entendimento de como ocorreu e ainda ocorre a dissociação do corpo e do sujeito social.

Na atualidade, a compreensão do ser humano ainda é influenciada sobremaneira pela filosofia grega, quando ainda se corrobora com um afastamento platônico do corpo. Conectado a Sócrates, Platão estabelece o corpo como algo maléfico, como jorro da ignorância que nos perpetraria a míseros escravos do corpo, fonte de erro. É na obra “A República” que essa ideia se confirma ao apresentar o corpo como algo que contamina a pureza do ser, da alma. Desse modo, Platão evidencia que “a alma é divina, e para quem o corpo é uma prisão daquela” (Fontanella, 1995, p.20).

Na Idade Média, o corpo surge com uma nova perspectiva. É nesse período que o corpo provém de uma concepção condenável ao pecado. Tanto o homem, quanto a humanidade é vista como a criação de Deus, como encontra-se na Escritura Sagrada Cristã: “então disse Deus: “façamos o homem à vossa imagem e semelhança. Que ele reine sobre os peixes do mar, e sobre as aves dos céus, e sobre os animais domésticos e sobre toda a terra, e sobre todos os répteis que se

arrastam sobre a terra.”¹⁰ Em complemento ao que dispõe a menção da Escritura Sagrada Cristã, Fontanella (1995) evidencia que “é na tradição cristã que o homem é clara e definitivamente dual [...]” (p.31); a concepção pecaminosa do corpo advém das proibições carnis e de seus impulsos, dos mandamentos que coordenaram a vida do homem. Nessa direção, a discussão empreendida por Fontanella (1995, p. 36) revela que “o mito do pecado original é, na tradição cristã, a lição fundamental da unidade rompida” (p.36).

À face do exposto, faz-se presente a caracterização da dissociação do corpo físico, biológico do ser humano. Torna-se explícito o *status* da corporeidade negativa, do corpo biológico e seus mecanismos fisiológicos voltados para o profano, para um ser corporal ímpio. Apesar disso, o corpo na Modernidade passou pelo desencarceramento da vertente teológica, vinculando-se aos fatores epistemológicos. Há, nesse momento, o favoritismo pela razão considerando-a como fonte do conhecimento útil e adequado, ocasionando o distanciamento do corpo. Nas palavras de Fontanella (1995, p.27), é possível dizer que “a Razão se impôs à vida, à terra, ao cosmo. Seu objeto (sua cria) é a verdade. Só a razão encontrará o *logos*, a verdade”. Apesar disso, nesse período, o corpo ainda dissociado, é visto como objeto a ser disciplinado.

Por certo, o corpo do ser humano continua no cerne dos diálogos em disputa, uma vez que há narrativas contemporâneas que almejam a leitura do sujeito integral. Na busca por apresentar novas perspectivas para a corporeidade, Merleau-Ponty (1908-1961) discorre o corpo como fonte de conhecimento, criticando a dualidade de homem (corpo, separado da alma) apresentada até então. Por certo, Merleau-Ponty fornece uma abertura para maiores diálogos entre as ciências. Entretanto, faz-se necessário ressaltar que os conceitos como percepção, sentidos, consciência abordados pelo filósofo, não versam de modo equivalente sobre tais conceituações das neurociências. Porém, não impede de aproximar tal diálogo, que corrobora para a leitura integral do sujeito.

Diante desse cenário, Merleau-Ponty (2000, p. 32-33) argumenta que “o objetivo não é opor aos fatos coordenados pela ciência objetiva [...], mas como apelo à revisão de nossa ontologia, ao reexame das noções de “sujeito” e de “objeto”. Com base no que o autor dispõe, anuímos com a ideia do corpo que

¹⁰ Gênesis 1:26

pensa, que articula com a mente, que possui intencionalidade no ser e que gera significado e sentido na sociedade, nos conduz para um corpo fenomenológico. Um corpo que possui percepções e suas ciências nos sentidos, um corpo que possui consciência. Um corpo participante da sociedade. Um corpo biológico, assim como social. Tal corpo, na presente leitura aqui projetada, nos entusiasma a descortinar os códigos do sujeito neurobiológico e social.

Destarte, pode-se afirmar que em razão do sujeito integral ser intencional, expressivo, inteligente – seja no contexto biológico e/ou social –, os ensaios para decodificar a intensa integralidade do ser humano nos leva a excêntricas concepções. Isto é,

[...] o enigma reside nisto: em que meu corpo é, ao mesmo tempo, vidente e visível. Ele, que olha todas as coisas, também pode olhar a si e reconhecer, no que se está vendo, o “outro lado” do seu poder vidente. Ele se vê vidente, toca-se tateante, é visível e sensível por ele mesmo. [...] Esse estranho sistema de câmbio, que se faz notar por uma espécie de “recruzamento” entre “vidente e visível, entre tateante e tocado, entre um olho e o outro, entre a mão e a mão”; isso significa que o corpo possui, por ele mesmo, a capacidade de ver, que a visibilidade o precede e que o universo da experiência perceptiva é um campo aberto e o corpo um espelho no qual flutuam continuamente os aspectos das coisas (Merleau-Ponty, 1969, p.12-13).

Nessa direção, a discussão empreendida por Merleau-Ponty compreende os sentidos da pessoa humana como dispositivos de conhecimento, que outorga, por meio das percepções, uma leitura de mundo. Por intermédio dos olhos, do tato, do olfato, da audição, do paladar que percebemos a nossa chegada e partida, a nossa realidade e a do outro, de quem chega e de quem sai do mundo. Assim sendo, entende-se que o modo como essas ideias são delineadas, não se pode nutrir a ideia do sujeito apenas social ou tão logo biológico. É inexequível dissociar o indissociável, é inatingível compreender o ser humano, a não ser pelo olhar do fenômeno entre a ligação do corpo social e a mente (cérebro), do corpo com extensão da mente e vice-versa.

Não obstante, torna-se necessário reiterar que a visão do filósofo francês não engloba o campo neuronal, o cérebro como massa material. Merleau-Ponty busca reforçar o necessário distanciamento do corpo como fonte do erro, da ignorância, do pecado. O autor busca fortalecer a ideia do corpo como parte da sociedade.

À vista disso, é possível trazer a ideia do biológico para a leitura do francês. Ora, se falamos do olho, do tato, do olfato, do paladar e da audição na leitura de Merleau-Ponty, de fato deve-se admitir tais processamentos do uso de nossos sentidos com a interação com o meio, corporificando-se à magnífica máquina cerebral.

Dentre inúmeros motivos que levaram ao conhecimento do corpo humano e das neurociências aplicadas na educação, deve-se anuir que tais informações surgiram em nome dos estudos das ciências biológicas. Foi e ainda é por meio das bases neurobiológicas, que podemos compreender, também, os processos de aprendizagem. Por outro lado, a leitura de Merleau-Ponty sobre a ciência pronuncia-se à luz da percepção. Em outros termos, de acordo com filósofo, pode-se relatar que

[...] primeiramente, a ciência foi apenas a continuação ou a amplificação do movimento constitutivo das coisas percebidas. Assim como a coisa é o invariante de todos os campos sensoriais e de todos os campos perceptivos individuais, o conceito científico é o meio de fixar e de objetivar os fenômenos (Merleau-Ponty, 2018, p.86).

A filosofia fenomenológica de Merleau-Ponty e as neurociências, ao adotarem uma abordagem centrada no sujeito, demonstram a possibilidade de um diálogo interdisciplinar, que possibilita convergir na investigação da experiência humana. Ao adotar uma perspectiva que valoriza a indissociabilidade do sujeito, corpo e mundo, tanto a filosofia de Merleau-Ponty quanto as neurociências oferecem contribuições valiosas para a compreensão da experiência humana. Apesar de suas diferenças epistemológicas, ambas vertentes compartilham o interesse em desvelar os mecanismos subjacentes à percepção, à ação e à consciência, complementando-se mutuamente na construção de um conhecimento mais abrangente sobre o sujeito.

Embora operem com paradigmas e métodos distintos, ambas as interpretações encontram um ponto de contato na compreensão da subjetividade e da interação do organismo com o mundo, revelando um potencial dialógico sinuoso. Mesmo que a sinuosidade advinda das reflexões encaminha para possíveis ruídos, “a controvérsia é, com frequência, útil para os dois lados, como um roçar de cabeças que serve para cada um retificar os próprios pensamentos e para adquirir novos pontos de vista” (Schopenhauer, 1997, p. 184).

A complexidade das relações biológicas e sociais do ser humano nos provoca a apresentar a visão de Maturana e Varela (2001), quando referimos o sujeito como um ser vivo de processos. Para os autores, tais processos dão-se por meio de um sistema organizado, autônomo. O sentido dos processos do corpo com o meio fomenta as mudanças que já são possíveis no ser humano, juntamente com os fatores já pré-existentes na identidade do corpo de cada ser. O neurobiólogo apresenta o conceito de autopoiese, destacando que

[...] o reconhecimento de que aquilo que caracteriza os seres vivos é sua organização autopoietica permite relacionar uma grande quantidade de dados empíricos a respeito do funcionamento celular e sua bioquímica. A noção de autopoiese, portanto, não está em contradição com esse corpo de dados. Ao contrário, apoia-se neles e se propõe, explicitamente, a interpretar esses dados a partir de um ponto de vista específico, que destaca o fato de que os seres vivos são unidades **autônomas** (Maturana; Varela, 2001, p. 55) (grifado no original).

A partir dessa compreensão, é crível dizer que o reconhecimento do processo educacional de cada sujeito está tracejado pela sua individualidade. Isto é, com a interação do ser individual com o outro e com ambiente educacional, ergue-se um meio social educativo que resulta na transformação constante dos organismos biológicos e neurológicos envolvidos.

Na existência de uma congruência estrutural mínima do ser vivo e o meio, o dinamismo da autopoiese¹¹ envolve a renovação dos componentes moleculares, constituindo mudanças estruturais contínuas no ser humano. Nesse ponto de vista, a autopoiese move-se ao encontro de uma educação que reconhece a singularidade do biológico, a diversidade cultural e as diferenças sociais que compõem o sujeito integral.

Em apoio a essa argumentação, a integralidade do ser humano está estruturada em um processo biopsicossocial, sendo inviável contemplar o humano de maneira fragmentada à luz dos componentes físicos, psicológicos, biológicos, neurológicos e sociais, tão somente. É interessante observar que a estrutura sistêmica dos seres vivos pode ocorrer de modo autoproduzido, de fato. Contudo,

¹¹ Autopoiese é a explicação do vivo: "É uma explicação do que é o viver e, ao mesmo tempo, uma explicação da fenomenologia observada no constante vir-a-ser dos seres vivos no domínio de sua existência. Enquanto uma reflexão sobre o conhecer, sobre o conhecimento, é uma epistemologia. Enquanto uma reflexão sobre nossa experiência com os outros na linguagem, é também uma reflexão sobre as relações humanas em geral, e sobre a linguagem e a cognição em particular."

tais sistemas não se estruturam de maneira isolada; e sim o oposto, é no decurso da interação autônoma com o meio que se faz o humano.

Seguindo essa linha de raciocínio, faz-se referência a Maturana e Varela (2001) que ressaltam que a relação do empírico com o funcionamento celular é

[...] um tipo de fenômeno no qual a possibilidade de distinguir algo do todo (alguma coisa que posso ver ao microscópio, por exemplo) depende da integridade dos processos que o tornam possível. Se interrompermos (em algum ponto) a rede metabólica celular, depois de algum tempo observaremos que não existe mais nenhuma unidade a observar! (p.54-55).

Corroborando a explanação de Maturana e Varela (2001), Moreira (2004) vai declarar que “a célula é o exemplo paradigmático concreto de unidade autopoietica: seu metabolismo consiste em **uma rede de interações** que interconecta seus componentes moleculares e produz moléculas que formam parte da própria célula” (p.598) (grifo nosso). Portanto, o ser humano tem uma atuação entre o produtor e o produto de modo autônomo, isto é, os seres vivos têm uma organização celular não exclusiva já predeterminada da espécie, apesar disso a sua formação como unidade, como sujeito, é construída por fenômenos associados às suas características particulares e as influências com o meio social.

Ao tratar da rede de interações na perspectiva de Maturana e Varela, Moreira (2004) acrescenta que

A organização característica dos seres vivos é, então, a autopoiese, mas esta tem como produto a organização da máquina-ser-vivo em questão, que produz sua própria organização. Trata-se, portanto, de uma definição **recursiva** da organização dos seres vivos: não se trata simplesmente de uma estrutura que explica uma fenomenologia própria, mas sim de uma estrutura que determina uma estrutura que determina uma estrutura que determina uma... que explica uma fenomenologia própria. (*op. cit.*, p. 61). Esta definição situa-se completamente na rede de relações entre relações (entre relações...) que constitui a **recursividade**. (p.598) (grifo nosso).

À luz da "máquina-ser-vivo", devemos compreender as neurociências em suas interseções e relações de forma plural e aberta. Apresentar a neurociência no plural é reconhecer que temos as mais variadas maneiras de ver o cérebro, as mais variadas formas de compreender a pessoa humana. Ora, não podemos visualizar a interação humana com meio social na vertente de plasticidade, tão somente. Para conhecermos o âmbito neuronal do ser humano, deve-se considerar suas nuances que complementam as estruturas distribuídas pelo organismo.

Se temos dois sistemas principais que dividem o sistema nervoso (sistema nervoso central e sistema nervoso periférico), faz-se necessário conhecer do que eles são constituídos. Se abandonarmos a visão celular que há no encéfalo, desconsideramos os neurônios, logo não podemos associar a plasticidade ao meio social, a título de exemplo. Se o cérebro tem a capacidade de remodelar e moldar sua estrutura de acordo com o meio, de acordo com novas situações. Logo estamos falando das modificações dos neurônios. Se falamos de neurônios, prontamente estamos falando de células, afinal o neurônio é um dos principais tipos celulares, juntamente com os gliócitos¹².

Parte-se do pressuposto de que essas reflexões são necessárias para ampliar a visão para a relação da estrutura cerebral e o meio social e para além disso, compreender que estudos na esfera da neurociência estão ligados a outros campos, como os níveis anatômico, histológico, celular, psicológico, fisiológico, bioquímico, microfisiológicos, entre outros campos de estudos neurocientíficos (Lent, 2010).

Para que a ideia apresentada sobre a relação das células neuronais e meio social seja exemplificada, pode-se pensar na história das meninas que foram criadas por lobos, na Índia. Amala e Kamala foram conhecidas como meninas selvagens que agiam como filhotes de lobos. Seus comportamentos, mesmo que com uma estrutura neuronal de um ser humano típico, estavam voltados para uivos, andavam em quatro apoios, não falavam. Mesmo com todas as estruturas neurobiológicas equivalentes à pessoa humana *a priori*, Amala e Kamala apresentavam a influência do meio em seus comportamentos, hábitos e vivências de lobos. Com essas alterações mencionadas, acredita-se que as estruturas neurobiológicas de Amala e Kamala não seriam equivalentes a crianças que tinham relações com seres humanos.

Para continuar com o diálogo estabelecido com Maturana e Varela (2001) e Moreira (2004) e melhor visualizar em um caso real, pode-se recorrer a história verídica de Ivan Mishukov, um garoto russo que conviveu com uma matilha de cães nas ruas de Moscou. Mishukov passou dois anos na companhia dos cães e em comunicação com outras pessoas em situação de rua. Mesmo com contato com pessoas na mesma situação, Ivan Mishukov não desenvolveu habilidades sociais da

¹² Uma das células principais do sistema nervoso.

espécie humana, mas sim comportamentos que se aproximavam da matilha em que convivia. Diante do exposto, pode-se inferir, em análise ao exemplo, que são pistas desse processo de uma estrutura que determina novas estruturas, que são possíveis serem explicadas por uma fenomenologia própria que aconteceu com Iva Mishukov. Torna-se possível encontrar os pensamentos de Moreira (2004) nesta primeira fase da história do menino russo, pois "de acordo com o jornal britânico *The Independent*, o comportamento dos animais em relação a Ivan foi biologicamente compreendido como o de um líder de matilha, ordenando e auxiliando" (Ferrari, 2020).

Em retorno ao proferido por Moreira (2004), nota-se a presença do pensamento da recursividade quando Ivan Mishukov foi resgatado das ruas de Moscou. Mesmo diante do comportamento semelhante ao de cães como rosar e morder, Mishukov retomou a fluência da língua russa, isso porque se restabeleceu a relação entre as relações sociais primárias que já havia sido exposto: interação social com a espécie humana. A retomada com o meio social possibilitou que Ivan fizesse conexões e reconexões neuronais. Ivan Mishukov teve alterações neurobiológicas temporais específicas de dependência para viver diante dos comportamentos de sobrevivência de uma matilha de cães; assim como ao retornar ao meio social humano, restabeleceu dependências de suas memórias de longo prazo.

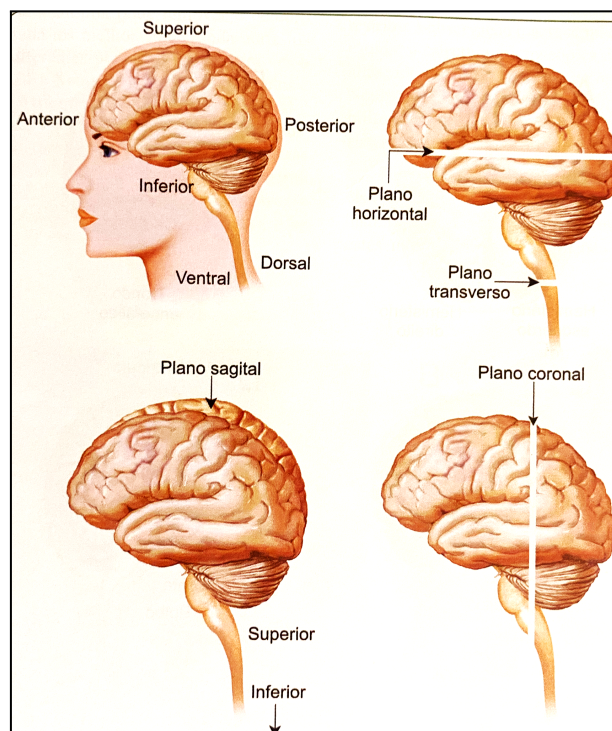
Remete-se, aqui, a Moreira e Rocha (2018), cujo estudo sobre redes recursivas dialoga com as perspectivas de Maturana e Varela (2001) e, também com Moreira (2004), ao abordarem que as redes recursivas LSTM¹³

[...] são capazes de aprender esse tipo de dependência temporal devido à sua capacidade de armazenar informações por um tempo arbitrariamente longo aprendido pela própria rede. Uma camada LSTM é composta por quatro elementos: a célula, o portão de entradas, o portão de saídas e o portão do esquecimento. O portão de entradas controla quanto a entrada mais recente da LSTM afeta os valores armazenados na célula. O portão de saídas controla como os valores atualmente armazenados na célula afetam a saída da camada LSTM. O portão do esquecimento controla quanto dos valores armazenados na célula serão esquecidos (descartados). A célula armazena os valores das entradas anteriores que passaram pelo portão de entradas e eles lá permanecem até serem removidos pelo portão do esquecimento. (Moreira; Rocha, 2028, p. 26-27).

¹³ (Long Short-Term Memory) Memória de longo prazo.

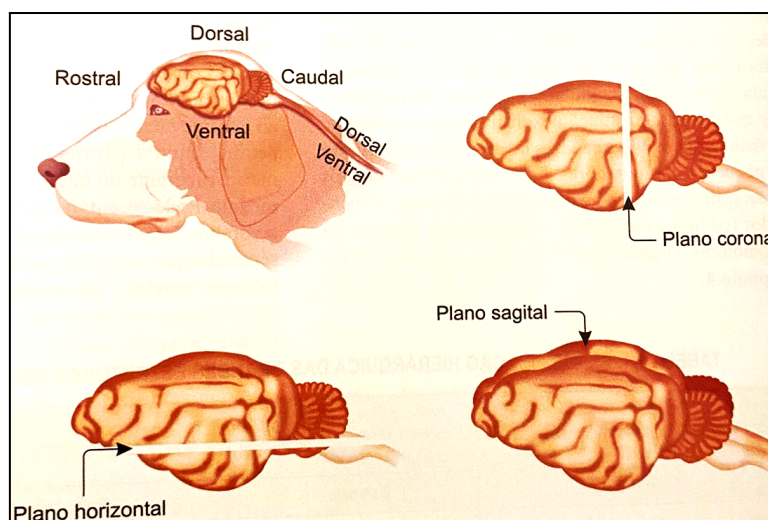
De acordo com as alegorias descritas nas histórias de Amala, Kamala e Ivan Mishukov, podemos visualizar que mesmo com a estrutura e referências anatômicas distintas entre animais quadrúpede e o homem bípede, ambas histórias retratam o comportamento alterado de acordo com relação social com o meio. Nas figuras a seguir, temos a ilustração física do encéfalo de um ser humano e um cão, que se aproxima da história de Ivan Mishukov.

Figura 15 - Representação do encéfalo humano



Fonte: LENT, 2010, p.11

Figura 16 - Representação do cérebro do cão (animal quadrúpede)



Se analisarmos o contexto físico anatômico do encéfalo/cérebro representados pelas imagens, é possível distanciar a ligação neurocelular e o ser humano social. Se pensarmos no âmbito dos neurônios, ou seja, células neuronais, também se torna possível perceber a diferença visto que os cães possuem cerca de 500 milhões¹⁴ de neurônios. Trazendo a alegoria de Ivan Mishukov, o garoto russo teria a possibilidade de alcançar 170 bilhões de neurônios, conforme estudos de Lent (2010). Mas, o que queremos alcançar com a comparação das Imagem 1 e Imagem 2? A compreensão de que mesmo com campos anatômicos e neurobiológicos distintos, Ivan Mishukov se adaptou aos comportamentos de cães para sua sobrevivência. Mesmo que a história retrate a retomada ao meio social com seres humanos, Amala e Kamala não restabeleceu aos comportamentos da pessoa humana por ausência de memórias de longo prazo dos costumes sociais de tal espécie.

O meio que se cria as relações, seja com animais ou não, interferem no comportamento interacional do ser humano biológico e social. Mas "isso não significa, no entanto, que o movimento está no cérebro como uma réplica" (p.737), como salientam Zimmermann e Torriani-Pasin (2011), visto que as histórias trazidas são de pessoas com estruturas físicas pré-estabelecidas. Porém com relações diferentes com o meio. Estamos aqui, apresentando as possíveis mudanças das células dos neurônios, de acordo com as interações e sinapses estabelecidas por Amala, Kamala e Ivan Mishukov.

Nesse ponto, sobressaem-se os aspectos do movimento humano biológico e social que não ocorre e se estabiliza em determinada área cerebral. As intenções e as ações da pessoa humana com o meio se dão de maneira orgânica, as interações das células neuronais em seu meio acontecem de maneira dinâmica, através das conexões neuronais.

Em consonância com os estudos apresentados, salientamos a compreensão da ligação das células neuronais e o ser humano social. Retomando as palavras de Maturana e Varela (2001, p. 55), é possível dizer que "o que caracteriza o ser vivo é

¹⁴ Estudo realizado por Jardim-Messeder *et al.* (2017).

a sua organização¹⁵ autopoietica. Seres vivos diferentes se distinguem porque têm estruturas¹⁶ distintas, mas são iguais em organização". Apoiando-se nessa perspectiva, pode-se perceber que o ser humano é biológico e social, e seus comportamentos apresentam aspectos biopsicossociais, pois se caracteriza pela ação do sujeito e possui, desse modo, a representatividade da realidade do meio social e cultural inserido.

Apoiando-se na perspectiva do sujeito ativo na sociedade, munido de intenções e ações, propusemos associar autores que corroboram com o sentido de visualizarmos a pessoa humana como um ser inseparável de suas nuances, de seus arranjos neurobiológicos e socioculturais. Trazer a leitura das neurociências para o contexto sociocultural, não resulta em respostas engessadas sobre a pessoa integral. Apresentar as unidades autopoieticas e os fenômenos biológicos, não abandona as características diferentes dos fenômenos físicos, pois Maturana e Varela (2001) vão salientar que

[...] isso se dá não porque as unidades autopoieticas violem nenhum aspecto da fenomenologia física - já que, por terem componentes moleculares, devem satisfazer às leis físicas -, mas porque os fenômenos que geram, em seu funcionamento como unidades autopoieticas, dependem de sua organização e de como esta se realiza, e não do caráter físico de seus componentes. Estes apenas determinam seu espaço de existência (p.61).

Em face disso, realça-se que o contexto do ser humano neurobiológico e sociocultural são confluentes na motilidade humana. A cinesia do ser humano nas esferas sociais e neuronais demonstram a identidade funcional de cada região cerebral do ser humano. Com base em Maturana e Varela (2001) e Lent (2010), busca-se elucidar de que maneira acontece a nutrição da árvore humana, enraizada nas curvaturas do nosso cérebro.

Os autores possibilitam diálogos reflexivos referente às estruturas e regiões físicas do encéfalo e do cérebro e suas responsabilidades diante das organizações e funções pré-estabelecidas. Ambos os autores reconhecem o espaço e as funções fisicamente estabelecidas da fala, da audição, da motricidade, das emoções, da

¹⁵ "Entende-se por **organização** as relações que devem ocorrer entre os componentes de algo, para que seja possível reconhecê-lo como membro de uma classe específica" (Maturana; Varela, 2001, p.54) (grifado no original).

¹⁶ "Entende-se por **estrutura** de algo os componentes e relações que constituem concretamente uma unidade particular e configuram sua organização" (Maturana; Varela, 2001, p.54) (grifado no original).

visão, entre outras funções cerebrais. Outrossim, Maturana e Varela (2001) e Lent (2010) anuem a interação funcional do ser biológico com o meio social, os primeiros com a visão autopoietica e Lent (2010) com o reconhecimento da conectividade e interação do conjunto ser-social.

Reconhecer a estrutura física do encéfalo e do cérebro, não está na contramão de legitimar a dinâmica entre o encéfalo/cérebro, as células neuronais e o meio sociocultural que todo o ser humano está inserido. Frente a essas proposições, elucida-se que mesmo que o ser humano tenha sua arquitetura celular pré-determinada fisicamente, é por meio das interações com o outro e com o meio, que se compõe o sujeito integral autônomo, chamado **ser** humano. (grifo nosso)

Sem temer a importância do debate sobre as neurociências e o campo sociocultural, torna-se possível apresentar a necessária inquietação sobre as relações do sujeito com o mundo. À vista disso, a relevância da análise da realidade do sujeito integral oportuniza a visão do corpo como referência de sistemas neuronais que são envolvidas pelas expressões socioculturais dos quais se vivenciam; logo

[...] o nosso próprio organismo, e não uma realidade externa absoluta, é utilizado como referência de base para as interpretações que fazemos do mundo que nos rodeia e para a construção do permanente sentido de subjetividade que é parte essencial de nossas experiências. De acordo com essa perspectiva, os nossos mais refinados pensamentos e as nossas melhores ações, as nossas maiores alegrias e as nossas mais profundas mágoas usam o corpo como instrumento de aferição (Damásio, 2012, p. 20).

No que tange ao ser humano, faz-se necessário variar os olhares para o reconhecimento do sujeito de presença na sociedade, de um ser-no-mundo. Sujeitos que interpelam o presente, o passado – que está presente em seu corpo –, vislumbrando um futuro. Considerando o ser humano, em sua essência inacabada e integral, o sujeito transcende a mera soma de suas partes biológicas e sociais; possibilita tecermos suas experiências, relações e reflexões, em um processo dinâmico e multifacetado. Nesse contexto, destaca-se a importância dos estudos de Damásio (2012) ao pensarmos que “qualquer que seja a questão que possamos levantar sobre quem somos e por que somos como somos, uma coisa é certa: somos organismos vivos complexos, com um corpo propriamente dito [...] e com um sistema nervoso (“cérebro”, para abreviar)” (p.93).

Ao se deparar com os ganhos que a Ciência encaminhou e encaminha para a sociedade, fica cognoscível sua importância para a descoberta do ser humano. Aqui, não se apresenta a Ciência como, exclusivamente, biológica; mas também a Ciências Sociais e seus marcos históricos para a compreensão do ser sociocultural. Todavia, a afluência das Ciências Biológicas com as Ciências Sociais oportuniza correlacionar a leitura de mundo e do ser, sem limitações do que o corpo, as experiências, os saberes e as relações representam.

Caminhando ao encontro das heranças gregas sobre o corpo, Damásio (2012) salienta que “o cérebro e o corpo se encontram indissociavelmente integrados por circuitos bioquímicos e neurais recíprocos dirigidos um para o outro” (p.94).

Deste modo, faz-se necessário destacar o pensamento de António Damásio, uma vez que corrobora com os conhecimentos neurocientíficos, valorizando a complexidade e completude do ser. O autor ressalta que “o organismo **constituído pela parceria** cérebro-corpo interage com o ambiente como um conjunto, não sendo a interação só do corpo ou só do cérebro” (Damásio, 2012, p. 95) (grifo nosso).

Nesse entremeio, decerto a complexidade do sujeito e suas diferenças não facilita a ligação da leitura biológica e sociocultural do ser humano. Remete-se, aqui, a Damásio (2018), cujo estudo apresenta a perspectiva de que a “nossa vida atual e seus objetos e práticas culturais podem ser ligados, embora não facilmente [...]. A tarefa da biologia, psicologia e filosofia é tornar esse fio contínuo” (p. 277).

Até aqui, fizemos costuras de diferentes tecidos com cores distintas, apresentando conceitos que possibilitam o diálogo entre o ser neurobiológico com suas células neuronais e o sujeito social com seus entretens. Compreender a possibilidade de diálogo entre o biológico e social, não quer dizer que há uma deliberada explicação completa sobre o mecanismo neurobiológico da pessoa humana. Aqui estamos tencionando as viabilidades de leituras que aproximam a relação dos fenômenos neurofisiológico, neurobiológico e os fenômenos socioculturais. A partir do que foi dito, apresenta-se um ponto relevante abordado por Damásio (2018):e

É importante frisar que identificar ligações entre processos biológicos, de um lado, e fenômenos mentais e socioculturais, de outro, não significa que

a forma das sociedades e a composição das culturas podem ser **totalmente** explicadas pelos mecanismos biológicos[...] (p.39) (grifo nosso).

Salienta-se que, a partir do que dispõe Damásio (2028) destacado no grifo da citação, reconhecemos a complexidade dos fatores que envolvem a pessoa humana no âmbito sociocultural, socioeconômico, histórico e ambiental, além dos fatores biológicos. Dessa forma, ampliamos para as possibilidades de visualizar cada sujeito com o olhar da interdisciplinaridade, valorizando a influências e interações humanas com o meio.

Dentre as diferentes vertentes apresentadas, com o objetivo de integrar teóricos que aproximam estudos sobre interação biológica e social da pessoa humana, Damásio (2012) traz a explicação dos organismos, corpos e cérebros, dizendo que para compreender a natureza humana exige a consideração da complexa interação entre corpo e cérebro, uma vez que somos organismos biológicos dotados de um sistema nervoso altamente desenvolvido. Para o autor a experiência consciente humana está intrinsecamente ligada ao corpo, sendo moldada pelas interações entre o sistema nervoso e o organismo como um todo. À vista disso, Damásio (2018) apresenta a relação da homeostase como manutenção do nosso corpo, nossas experiências e comportamentos, mas salienta que usar a homeostase de uma maneira automática, não contempla a integralidade que compõe a pessoa humana.

Diante desse cenário, Damásio (2018) argumenta que "a coleção de processos coordenados necessária para executar o desejo impensado e involuntário da vida – persistir e avançar no futuro, a todo custo – é conhecida como homeostase" (p.46). A homeostase pode ser aplicada de maneira automática, sem envolver a singularidade, a subjetividade ou a deliberação orgânica neurobiológica; porém a torna incompleta diante da realidade do ser integral. Distanciando da perspectiva automática e reconhecendo a simultaneidade do ser humano neurobiológico e sociocultural, torna-se importante apresentar as palavras de Damásio (2018) no que tange a abordagem dada aos fenômenos biológicos e a criação das culturas, que implicam

[...] fenômenos biológicos podem impelir e moldar eventos que se tornam fenômenos culturais, e devem ter feito isso também por ocasião do nascimento de culturas, via interação de afeto e razão, em circunstâncias específicas definidas pelos indivíduos, pelos grupos, sua localização e seu

passado etc. [...] Contudo, fenômenos biológicos críticos – sentimento e intelecto em mentes culturais – são apenas parte da história. A seleção cultural precisa ser considerada na equação, e para isso necessitamos de conhecimentos de história, geografia e sociologia, entre muitas outras disciplinas. Ao mesmo tempo, precisamos reconhecer que as adaptações e as faculdades usadas por mentes culturais foram resultado de seleção natural e transmissão genética (p.40).

Os estudos e conceitos até aqui apresentados corroboram para a construção de um suporte para nossa pesquisa, visto que possibilita visualizar a pessoa humana simultaneamente biológica e social. Unir diferentes abordagens teóricas viabiliza ampliar a leitura do organismo complexo composto por células, tecidos e órgãos interconectados. Todavia, a dimensão social é igualmente crucial, para compreensão do sujeito integral que compõe uma sociedade plural, reconhecendo as influências profundas que o meio cultural proporciona ao cérebro humano.

A dialética do ser biológico e o ser cultural explora a vivacidade do ser humano, sobretudo tratando-se da perspectiva das neurociências. Ao referir-se ao ser humano e as neurociências, faz-se necessário mencionar o sistema nervoso que está designado ao intercâmbio com o meio sociocultural que o sujeito está inserido. É por intermédio deste sistema que tomamos consciência das informações e influências do ambiente, dialogando com as experiências individuais e coletivas a qual dão-se de modo voluntários e involuntários.

Outrossim, o sistema nervoso atua em nossas células neuronais, em nosso corpo, oportunizando nossa atuação com o meio (Cosenza; Guerra, 2011). À medida que tecemos mais uma visão da relação sujeito e meio, cérebro e cultura, ser humano e neurofisiologia/neurologia, partimos do entendimento que há uma rede de interações que interconecta a pessoa humana em seus minuciosos detalhes neuronais até as costuras múltiplas e plurais do ambiente sociocultural.

Corroborando a explanação de Cosenza e Guerra (2011), Damásio (2018) vai declarar que o sistema nervoso se torna funcionário do corpo, de acordo com o quesito evolucionário da vida. É possível complementar essa ideia dizendo que

[...] quando o sistema nervoso entrou em cena, permitiu que organismos multicelulares complexos administrassem melhor a homeostase no organismo como um todo e, assim, ensejou expansões físicas e funcionais desses organismos. [...] O sistema nervoso destacou-se por várias características. A mais importante relaciona-se às células que melhor o definem: os neurônios. Eles são *excitáveis*. Isso significa que, quando um neurônio se torna "ativo", pode produzir uma descarga elétrica que segue do corpo celular[...] (Damásio, 2018, p. 70-71) (grifo no original).

Pautando-se nas considerações de Damásio (2018), assegura-se a importância de realizarmos a leitura dialética do ser humano, potencialmente biológico assim como cultural. Deleitar-se sobre a perspectiva do ser humano como corpo, como física, como célula, como energia, como história, como sociedade revela a complexidade da natureza humana. Não somos tão-somente biologia, anatomia, fisiologia, nem inteiramente moldados pela cultura; somos uma composição dinâmica e em constante desenvolvimento de ambas as perspectivas.

O ponto de convergência entre as perspectivas biológica e social do ser humano reside na possibilidade de analisar políticas públicas, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), sob a lente da formação integral. Ao fomentar o desenvolvimento de dez competências gerais que estimulam a análise crítica e o reconhecimento da diversidade, a BNCC alinha-se à premissa de que a identidade humana é indissociavelmente neurobiológica e sociocultural. A compreensão da identidade humana exige uma abordagem interdisciplinar que leve em consideração tanto os aspectos biológicos quanto os sociais. Políticas públicas como a BNCC, ao promover o desenvolvimento de competências que visam à formação integral do sujeito¹⁷, corroboram a necessidade de reconhecer a complexidade do ser humano.

4.2 Educação e epigenética: um diálogo iniciativo

A educação, enquanto um campo de experiência social e cultura complexa, possibilita a viabilidade de aproximar conceitos diversos para elevar a proposta de diálogo entre as neurociências e as políticas públicas educacionais, como a Base Nacional Comum Curricular. Visando estabelecer pontes entre os campos da epigenética e da educação, este estudo propõe uma breve apresentação de pesquisas científicas que investigam os mecanismos epigenéticos pressupostos aos processos de aprendizagem. Diante da relevância da epigenética nas ciências biológicas, este estudo propõe uma nova perspectiva para a investigação dos processos de aprendizagem, explorando as implicações das marcas epigenéticas

¹⁷ O documento norteador aborda "estudantes brasileiros" (Brasil, 2018, p.5), no entanto abordamos como sujeito acreditando na visão da pessoa humana como um ser integrado, logo sujeito. Isso pois, acreditamos no diálogo e na ação na sociedade da qual faz parte. Fortalecendo essa escolha, recorreremos à ótica de Freire (2014) aludindo às "relações que o homem estabelece com o mundo há, por isso mesmo, uma pluralidade na própria singularidade" (p.56).

no desenvolvimento cognitivo. Na perspectiva da neuroeducação, buscamos compreender se há possibilidades de relacionar as modulações dos processos de aprendizagem, memória e o papel da epigenética.

A intersecção entre a epigenética e a educação abre um novo horizonte para a pesquisa educacional, permitindo-nos explorar como as experiências das aprendizagens podem deixar marcas duradouras no genoma. Em relação à epigenética, Ferreira et al. (2022) afirmam que "apoiado em estudos genéticos anteriores, nasceu o dogma central da epigenética, que abarca os procedimentos envolvidos na manutenção e tradução da informação genética" (p.9). O ponto central, portanto, está ligado aos nossos genes que não são um destino fixo. Nossas experiências, vivência, nosso ambiente e o estilo de vida possuem grande influência na forma que nossos genes são expressos, moldando o nosso desenvolvimento.

Considerando o ambiente escolar e o currículo como contextos dinâmicos e socialmente construídos, onde ocorrem interações complexas entre indivíduos, este estudo propõe uma apresentação das potencialidades da epigenética para compreender como as experiências educacionais podem modular a expressão gênica e, conseqüentemente, influenciar o desenvolvimento cognitivo e a plasticidade neuronal, dado que "os padrões epigenéticos são sensíveis a modificações ambientais" (Muller; Prado, 2008, p. 63). Dito isso, a educação pode induzir mudanças epigenéticas duradouras no cérebro, influenciando assim a aprendizagem, a memória e o comportamento.

A epigenética, campo que estuda as modificações hereditárias na expressão gênica sem alterar a sequência do DNA, oferece uma nova perspectiva para compreender como o ambiente, incluindo a educação, molda o desenvolvimento humano. A "epigenética" é uma área emergente de pesquisa científica que mostra como as influências ambientais – as experiências das crianças – realmente afetam a expressão dos genes delas" (O que é, s.a.); assim dizendo pode-se assegurar que as influências epigenéticas decorrem desde as aprendizagens essenciais da primeira infância até a vida adulta. Isto posto, fica evidente que as perspectivas da epigenética são apontadas como potencial diálogo com a BNCC, isso pois o documento que define um conjunto orgânico de aprendizagens visa uma formação humana integral.

A epigenética oferece um arcabouço teórico fundamental para compreender como as experiências iniciais moldam o desenvolvimento neural e cognitivo do sujeito. Ao induzirem alterações epigenéticas, as experiências vividas nos primeiros anos de vida podem modular a expressão gênica em regiões cerebrais críticas para a aprendizagem, a memória e a regulação emocional. Além disso, oferece novas perspectivas para a compreensão dos processos de desenvolvimento e aprendizagem.

Essa plasticidade epigenética, particularmente acentuada nos estágios iniciais do desenvolvimento, sublinha a importância de olharmos para qual a educação a BNCC visa proporcionar, como aprendizagem na educação básica. Da mesma maneira, nossos olhares devem se voltar, criticamente, para quem são direcionadas ao "patamar comum de aprendizagens" (BNCC, 2018, p. 8) como instrumento fundamental. Isso posto que, ao revelar como as experiências iniciais podem modular a expressão gênica, essa área do conhecimento ressalta a importância de investir em ambientes educacionais que promovam ambientes enriquecedores e relações interpessoais emancipatórias. Ao proporcionar experiências de aprendizado significativas, é possível induzir alterações epigenéticas que otimizem o desenvolvimento cognitivo e socioemocional dos sujeitos, preparando-as para os desafios da sociedade.

As perspectivas educacionais e epigenéticas supracitadas pressupõem que há a possibilidade de diálogo entre os dois campos, com o objetivo de "compreender tanto o cérebro-máquina quanto o cérebro em ação (aprendizagem humana)" (Compreendendo, 2003, p.49). Não obstante, segundo a obra Compreendendo (2003), a comunicação entre neurocientistas e educadores enfrenta desafios significativos devido à divergência de linguagens e objetivos. Enquanto os neurocientistas se concentram no estudo biológico do cérebro, utilizando metodologias e tecnologias específicas, os educadores atuam em contextos sociais complexos, com o objetivo de promover a aprendizagem e o desenvolvimento dos alunos. Essa disparidade na formação e nos interesses dificulta a construção de pontes entre as duas áreas, excluindo a potencial possibilidade entre neurociências, educação, neuroeducação e epigenética.

A interlocução das neurociências, epigenética e a educação nos apresenta um campo de território de disputa, entre os neurocientistas, os biólogos e os

educadores. Todavia, diante do cenário, com o diálogo dos estudos neurocientíficos e a educação

[...] pretende-se com tais iniciativas não que as pessoas dominem o conhecimento neurocientífico tal como um neurocientista, mas que compreendam o envolvimento e a relevância do cérebro nas mais diversas questões humanas, como os comportamentos, as sensações e percepções, as emoções, os processos de memória, atenção e aprendizagem [...] (Lisboa, 2016, p. 35)

Sob outro viés, Apple (2006) apresenta as ideologias não das "neuromodas", mas dos olhares peculiares sobre a mercantilização do âmbito educacional. A partir do que se pressupõe Apple (2006), entende-se que a reprodução socioeconômica "veem a instituição de ensino como se fosse uma caixa preta. Mede-se o *input*, antes de os alunos entrarem nas escolas, e, depois, o *output*, ao longo do processo ou quando, "adultos", ingressam na força de trabalho." (p. 61).

Os pensamentos de Lisboa (2016) apresentam um panorama promissor da intersecção entre neurociências e educação, destacando a importância de compreender o funcionamento do encéfalo para otimizar os processos de ensino e aprendizagem. O autor enfatiza a necessidade de um diálogo entre diferentes áreas do conhecimento, visando uma compreensão mais abrangente da complexidade do ser humano. E é nesse ponto que vamos ao encontro da epigenética, buscando compreender as combinações e influências do meio para o desenvolvimento do encéfalo/cérebro.

No entanto, é fundamental analisar criticamente essa perspectiva, considerando as possíveis implicações e desafios. A ideia de que "todos devem compreender o envolvimento e a relevância do cérebro" pode levar a uma simplificação excessiva dos processos neurobiológicos, gerando falsas expectativas e uma visão determinista da educação. A neurociência e a epigenética podem oferecer *insights* valiosos para a educação, mas não possui todas as respostas e não deve ser utilizada como um modelo único para explicar a complexidade da aprendizagem.

Ao abordar a questão da mercantilização da educação, Apple (2006) nos alerta para os riscos de uma visão reducionista da escola, que a vê como uma mera fábrica de produção de mão de obra. Essa perspectiva, que busca medir os resultados educacionais de forma quantitativa e padronizada, desconsidera a

complexidade dos processos de ensino e aprendizagem, e ignora as diferenças individuais dos estudantes; assim como as individualidades que compõem o cérebro humano e as nuances do meio que influi nos mecanismos epigenéticos.

Ampliando a discussão empreendida, Souza, Oliveira e Fabiano (2023) propõem que a epigenética revela como o ambiente pode influenciar a expressão dos genes, conferindo uma plasticidade biológica que permite aos organismos se adaptarem a diferentes contextos. Diferentemente das mutações genéticas, as modificações epigenéticas são mais dinâmicas e respondem às mudanças no ambiente ao longo da vida. Os autores ainda ressaltam que "a herança genética não faz ninguém refém dos seus genes" (Souza; Oliveira; Fabiano, 2023, p. 11938) sintetizando que o meio que o sujeito está inserido, as experiências de vida e o estilo de vida exercem um papel fundamental na modulação da expressão gênica, conferindo uma plasticidade biológica que nos permite adaptarmo-nos a diferentes contextos.

À luz das argumentações de Souza, Oliveira e Fabiano (2023) estão as ideias de Apple (2006), ao explicar que

[...] a socialização nas salas de aula da pré-escola inclui a **aprendizagem de normas e definições das interações sociais**. [...] A fim de atuar adequadamente em uma situação social, quem está envolvido no processo deve atingir um entendimento comum de **significados, limitações** e do potencial que o ambiente oferece à interação. [...] O *uso* de materiais, a natureza da autoridade, a qualidade das **relações pessoais**, os **comentários espontâneos**, tanto quanto os outros aspectos da vida cotidiana em sala de aula, **contribuem para a consciência** cada vez maior de parte da criança sobre seu papel na sala de aula e para sua compreensão do ambiente social (p.90) (grifo nosso)

A inter-relação entre os autores até aqui apresentados e as explicações de Apple (2006) ressalta a necessidade do grifo na citação anterior, tal pois os destaques aproximam a possibilidade de dialogar com os estudos do currículo com as perspectivas neurocientíficas, como a título de exemplo: as funções executivas.

Muitos autores discutem essa questão histórica da epigenética dizendo que, o sequenciamento do genoma humano, embora fundamental, revelou a importância de mecanismos epigenéticos na compreensão da origem de diversas doenças. Ao desvendar os processos que ocorrem "além da molécula de DNA", a epigenética estabeleceu uma ponte entre a genética e os fatores ambientais, viabilizando estudos que possam explorar a interação entre genes e ambiente, entre genes e

neurociência, entre genes e a educação. Descortinar os olhos de estudos epigenéticos voltados apenas para compreensão da etiologia patológica, demonstra que a expressão gênica pode ter a expansão da área de conhecimentos que contribuiu para uma visão mais integral do ser humano (Magalhães-Barbosa; Prata-Barbosa; Cunha, 2022).

A epigenética representa um avanço científico que tem o potencial de transformar a forma como entendemos a vida e a saúde, sobretudo entender como o ambiente interfere na vida do sujeito em formação. Ao conectar a biologia com as ciências sociais, humanas e educação, a epigenética nos oferece uma nova perspectiva sobre a complexidade do ser humano e sua relação com o ambiente. No entanto, é fundamental que essa nova compreensão seja utilizada para promover a discussão de temas contemporâneos.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) propõe-se, em seus fundamentos, a promover uma formação integral dos estudantes. No entanto, como discutido no Capítulo 2, sua abordagem revela-se fortemente padronizada, prescrita e seriada, o que limita a pluralidade dos processos educativos e restringe a diversidade dos sujeitos e contextos escolares. Para que se possa superar essa característica tecnicista, é necessário avançar para além da mera transmissão de conteúdos, redirecionando o foco para práticas que contemplem o desenvolvimento humano em suas múltiplas dimensões — cognitivas, afetivas, sociais e culturais. É possível complementar essa reflexão ao considerar que tal superação implica uma reconfiguração do processo educativo, de modo que ele não se restrinja à formalização de competências e habilidades, mas valorize o vivido, o sensível e o relacional.

Nesse sentido, insere-se a importância de uma pedagogia da experiência, conforme enfatizam pensadores contemporâneos. Como destaca Krenak (2019, p. 27), “é importante viver a experiência da nossa própria circulação pelo mundo, não como uma metáfora, mas como fricção, poder contar uns com os outros”, indicando que o ato de educar deve incorporar o contato direto com o mundo e com o outro. A esse pensamento soma-se Freire (2023, p. 88), ao afirmar que “[...] a maneira mais simples de consumir isto é privilegiar o contato, a experiência direta com o ambiente e a ambiência; agora não mais como pré-requisito teórico ou ideológico, mas como tipo de vida”, destacando a importância de uma vivência educativa que

vá além das abstrações conceituais e se concretize no encontro com o mundo e com os outros.

Ainda segundo o autor, “a experiência do toque, do encontro, da convivência é, em todos os efeitos e em todos os sentidos, a experiência que gera vida” (FREIRE, 2023, p. 88), reiterando que a formação integral não pode prescindir da escuta sensível, da presença afetiva e do vínculo genuíno entre educadores e educandos. Conclui-se, portanto, que uma educação verdadeiramente humanizadora exige o rompimento com lógicas tecnicistas e prescritivas, como as que ainda marcam a BNCC, para dar lugar a práticas formativas ancoradas na experiência, na relação e na vida compartilhada.

Ressalvadas as particularidades das temáticas propostas nesse subtópico, Freire (2023) ressalta que a epigenética nos convida a transcender a visão reducionista da genética, ampliando nosso olhar para as complexas interações entre genes e ambiente. Ao revelar como as experiências de vida moldam nossa expressão genética, a epigenética nos impulsiona a repensar a relação entre indivíduo e meio, deslocando o foco dos determinismos biológicos para uma compreensão mais holística e dinâmica da vida.

5 AS NEUROCIÊNCIAS NA CONSTRUÇÃO DAS COMPETÊNCIAS GERAIS DA BNCC

A presente pesquisa tem o objetivo analisar as articulações dos estudos das neurociências e a relação entre o desenvolvimento, a aprendizagem do sujeito e as competências gerais da Base Nacional Comum Curricular. Para tanto, este trabalho adotou uma abordagem de revisão bibliográfica, tecendo conceitos de diferentes autores para que as teorias valham como lente para a análise das relações neurobiológicas presentes nas dez competências gerais da BNCC.

Esse capítulo é dedicado, assim, como culminância da pesquisa, à descrição das bases neurobiológicas envolvidas nas competências gerais do documento normativo. Constitui-se o momento crucial no enfrentamento dos questionamentos levantados e dos aspectos de análises orientadores da dissertação, buscando oferecer contribuições originais para o campo de estudo das neurociências e educação.

5.1. Associando as competências e as funções neurobiológicas

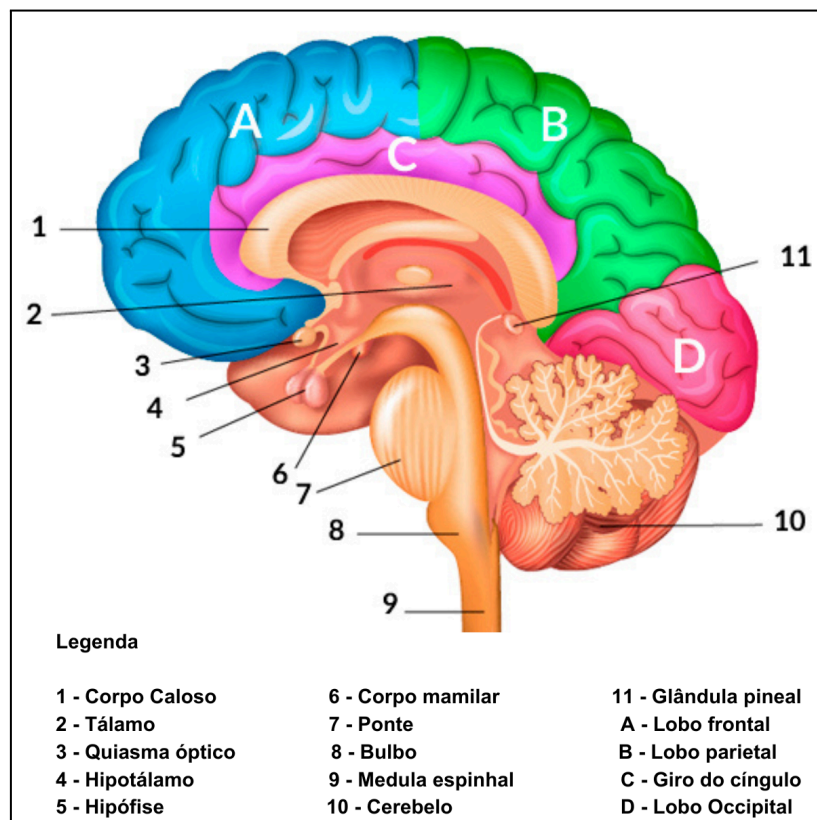
A compreensão dos mecanismos cerebrais presentes na aprendizagem tem sido um dos grandes desafios da neurociência contemporânea. A partir da premissa de que o encéfalo é o órgão responsável pela aquisição de conhecimento, as neurociências têm buscado desvendar os processos neurobiológicos que sustentam a aprendizagem.

Pelo fato de o processo de aprendizagem transcorrer no encéfalo/cérebro, como salientam Rotta, Ohlweiler e Riesgo (2016), torna-se possível compreender o aprendizado pelo processamento das funções corticais, neurocognitivas. Levando-se em consideração esses aspectos que ocorrem no encéfalo, somos levados a acreditar na importância em conhecer e assimilar os eventos neuromaturacionais do desenvolvimento de um indivíduo até sua fase de aprendizado sistematizado. As modificações do sistema nervoso central (SNC) fundamentam-se no processo de aquisição, conservação e evocação do conhecimento, processos estes, que constituem o aprendizado.

Preliminarmente, torna-se de fundamental importância compreender que o encéfalo humano é a principal área estruturada do sistema nervoso. Situada dentro

do crânio, "o encéfalo e medula constituem o sistema nervoso central. No encéfalo temos cérebro, cerebelo e tronco encefálico. A ponte separa o bulbo, situado caudalmente, do mesencéfalo, situado cranialmente. Dorsalmente à ponte e ao bulbo, localiza-se o cerebelo" (Machado; Haertel, 2014, p.14). À face do exposto, faz-se necessário entender que o sistema nervoso pode obter divisões funcionais, mas de modo algum dissociados. Na imagem a seguir, há uma representação do encéfalo ilustrando algumas partes do sistema nervoso central.

Figura 17 - Ilustração da estrutura do encéfalo com visão medial e corte sagital



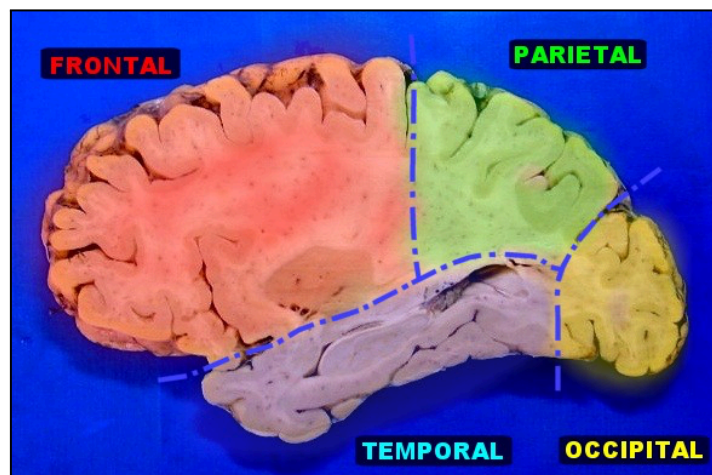
Fonte: Ilustração adaptada do banco de imagens Canva

A Figura 17 proporciona uma representação esquemática elucidativa de um corte sagital do encéfalo humano, evidenciando suas principais estruturas e suas inter-relações anatômicas. A divisão em lobos cerebrais e a delimitação de núcleos subcorticais permitem uma visualização clara das complexas conexões neurais que subjazem às diversas funções cognitivas, emocionais e comportamentais. Essa representação gráfica se mostra fundamental para o aprofundamento dos estudos em neuroanatomia, servindo como base para a compreensão das bases neurobiológicas de diversos processos mentais.

A conformação da calota craniana exerce influência sobre a morfologia externa do encéfalo, delimitando as grandes divisões do córtex cerebral, denominadas lobos. Essa organização anatômica, embora influenciada por fatores filogenéticos e ontogenéticos, não determina de forma absoluta a funcionalidade de cada área cortical. A complexidade das funções cerebrais reside nas complexas conexões neurais que interligam as diversas áreas corticais e subcorticais. A divisão em lobos, no entanto, constitui como um facilitador para o estudo da neuroanatomia funcional, permitindo uma localização inicial das áreas de interesse para a estudos da neuroeducação.

A imagem 18 ilustra o que corresponde às divisões dos lobos do córtex, de maneira didática para melhor compreensão da localização.





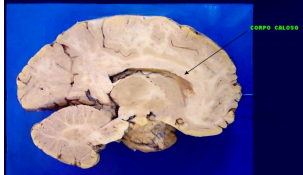
Figura 18 - Organização anatômica dos lobos cerebrais



Fonte: <https://anatpat.unicamp.br/bineucerebrosagital2.html#17>

Conforme Rotta, Bridi Filho e Bridi (2016), a aprendizagem não é apenas um resultado do desenvolvimento neural, mas também um fator fundamental para que este ocorra. A interação contínua do indivíduo com o ambiente promove a formação de novas conexões sinápticas e a plasticidade cerebral, essenciais para o desenvolvimento cognitivo. Diante das relações que compõem o encéfalo, o quadro 4 fornece uma visão geral dos funcionamentos de algumas estruturas apresentadas nas figuras 17 e 18, que se aproximam e articulam com o processo de desenvolvimento da aprendizagem.

Quadro 4 - O encéfalo e as relações com a aprendizagem

Funções das estruturas do encéfalo		
Estrutura	Relação	Imagem ¹⁸
Lobo Frontal	No lobo frontal o planejamento da fala e a linguagem é processado. Esse lobo também é responsável por todos os movimentos do corpo, além do controle do humor, dos impulsos e gerenciamento de todas as situações que envolvam a relação entre a pessoa e o ambiente.	
Lobo Parietal	O lobo parietal é basicamente sensitivo; por estar localizado e interligado (como todos os lobos), o lobo parietal tem uma influência nas gnosias. Se fosse possível propor um local "exato" para o processamento da inteligência, o lobo parietal seria responsável em dialogar com os demais lobos cerebrais.	
Lobo Temporal	O lobo temporal também é considerado um lobo sensitivo, com diversas funções. Em relação ao aprendizado, o lobo temporal passa por representações das emoções, comportamento, memória, relação social, associação entre audição e visão, linguagem compreensiva. Essas variações de funções se dão devido a presença do hipocampo, área de Wernicke, a título de exemplo.	
Lobo Occipital	O lobo occipital está relacionado à visão, sendo considerado um lobo sensitivo. Todo o aprendizado de conteúdo visual necessita passar por esse lobo.	
Corpo Caloso	O corpo caloso é conhecido como a estrutura de conexão entre os hemisférios cerebrais (direito e esquerdo).	

¹⁸ Endereços pesquisados:

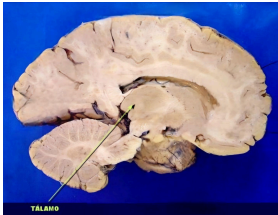
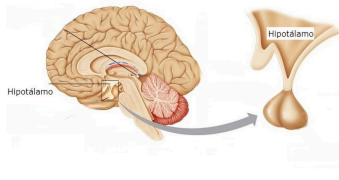

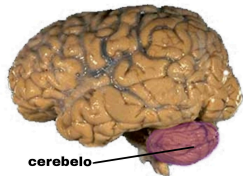

<https://sanarmed.com/hipofise-e-hipotalamo/>

<https://anatpat.unicamp.br/bineucerebrosagital2.html#1>

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Cerebelo>

<http://bio-neuro-psicologia.usuarios.rdc.puc-rio.br/telencéfalo.html>

<http://www.videoaulas.uff.br/neuroanatomia-medula-espinhal>

<p>Tálamo</p>	<p>O tálamo se relaciona com as funções da sensibilidade, com a motricidade, com o comportamento emocional, com a memória e com as ativações do córtex.</p>	
<p>Hipotálamo</p>	<p>Com relação às funções do hipotálamo, o mesmo está relacionado ao papel regulador do sistema nervoso autônomo e o sistema endócrino. Muitas áreas do hipotálamo pertencem ao sistema límbico e têm papel importante na regulação de processos emocionais.</p>	
<p>Medula Espinal</p>	<p>A medula espinhal relaciona-se com a atividade motora reflexa, que é a mais primitiva das atividades motoras. A medula recebe as informações aferentes oriundas do tato, como por exemplo.</p>	
<p>Cerebelo</p>	<p>O cerebelo tem a relação com uma estrutura eminentemente motora, que também participa dos processos de mudança do foco da atenção, manutenção da atenção, aprendizagem, fala e linguagem.</p>	
<p>Giro do Cíngulo</p>	<p>O Giro do Cíngulo pode ser encontrado em regiões em um circuito que envolve a manutenção da atenção, implicando os processos das emoções. Também pode-se associar a áreas responsáveis pelas tarefas cognitivas.</p>	

Fonte: Elaborado pela autora com referência em Cosenza; Guerra (2011), Rotta, Ohlweiler e Riesgo (2016) e Machado e Haertel (2014)

O quadro 4 fornece uma visão geral de algumas subdivisões do encéfalo, apresentando suas relações com o processo de desenvolvimento da aprendizagem, ou seja, há uma intrínseca relação entre o desenvolvimento do encéfalo e as experiências de aprendizagem. As conexões cerebrais que ocorrem na comunicação entre as estruturas cerebrais são constantemente formadas, organizadas e reorganizadas, constituindo a base neurobiológica da aprendizagem.

A exposição do quadro 4 corrobora com a argumentação sobre a importância das neurociências para a compreensão dos processos de ensino e aprendizagem. Ao conhecermos os mecanismos cerebrais subjacentes à aquisição de

conhecimento e ensino-aprendizagem, as neurociências contribuem com a possibilidade de desenvolvimento de práticas pedagógicas que alcancem o desenvolvimento integral do sujeito. O ponto central, portanto, está ligado ao entendimento que o encéfalo/cérebro não é um órgão estático, mas sim um sistema dinâmico e em constante construção, moldado pelas interações do indivíduo com o mundo.

As neurociências têm elucidado os mecanismos cerebrais relacionados à aprendizagem. À luz dessas contribuições, é possível inferir que a aprendizagem é um processo dialógico que envolve a formação e consolidação de sinapses, ou seja, das conexões entre os neurônios. Essa plasticidade neural, que ocorre ao longo da vida, é influenciada por fatores genéticos e ambientais. Embora o ambiente escolar desempenhe um papel importante na aprendizagem, a construção do conhecimento é um processo individual e único, moldado pelas experiências e vivências de cada sujeito, como contribui Cosenza e Guerra (2011).

Ciente que o processo educacional transcorre no campo inter e multidisciplinar, os aspectos da aprendizagem ultrapassam os muros dos âmbitos educacionais trilhados pelos aspectos neurobiológicos e ambientais. Ao tratar sobre aprendizagem, Fonseca (2015) escreve que a aprendizagem é formada por uma extensa e abstrusa contingência neurológica, posto isto, diante das dez competências propostas na BNCC, torna-se basilar descrever as bases neurobiológicas a serem desenvolvidas em tais competências.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) se insere em um contexto de colaboração e complexidade, demandando dos estudantes o desenvolvimento de um conjunto de competências que vão além da mera aquisição de informações. Conforme preconiza o documento, "reconhecer-se em seu contexto histórico e cultural, comunicar-se, ser criativo, analítico-crítico, participativo, aberto ao novo, colaborativo, resiliente, produtivo e responsável" (BRASIL, 2018, p. 14) exige uma formação integral que prepare os indivíduos para atuarem de forma eficaz em um mundo globalizado e em constante transformação.

Uma sociedade contemporânea, plural, formada de subjetividades,

[...] requer o desenvolvimento de competências para aprender a aprender, saber lidar com a informação cada vez mais disponível, atuar com discernimento e responsabilidade nos contextos das culturas digitais, aplicar conhecimentos para resolver problemas, ter autonomia para tomar

decisões, ser proativo para identificar os dados de uma situação e buscar soluções, conviver e aprender com as diferenças e as diversidades (Brasil, 2018, p. 14).

No documento da nova escola as dez competências gerais da educação básica da BNCC abordam aspectos importantes e as principais características, sendo: 1. conhecimento; 2. pensamento científico, crítico e criativo; 3. repertório cultural; 4. comunicação; 5. cultura digital; 6. trabalho e projeto de vida; 7. argumentação; 8. autoconhecimento e autocuidado; 9. empatia e cooperação; 10. responsabilidade e cidadania (BNCC, s.a¹⁹). Para melhor visualizar e compreender os objetivos de cada competência, criou-se o seguinte quadro embasado no documento norteador da BNCC e no guia elaborado pela Nova Escola, nomeado BNCC na prática.

As informações que compõem esse quadro não visam segmentar ou categorizar de modo localizacionista as áreas do processo de aprendizagem do cérebro, mas sim elucidar as áreas cerebrais que estão em consonância com as competências da BNCC. Por ser um sistema de conexões complexas, o quadro apresenta as áreas que são mais ativadas de acordo com cada competência geral da BNCC, em diálogo com as demais áreas do encéfalo.

A neurociência, embora jovem como disciplina formal, com a fundação da Society for Neuroscience em 1970, tem raízes profundas e está entrelaçada com a história da ciência. A verdadeira revolução na neurociência ocorreu quando especialistas perceberam que uma abordagem interdisciplinar seria a chave para desvendar os complexos mistérios do cérebro, integrando diferentes perspectivas para criar uma visão mais abrangente e coesa do sistema nervoso (Bear, 2017).

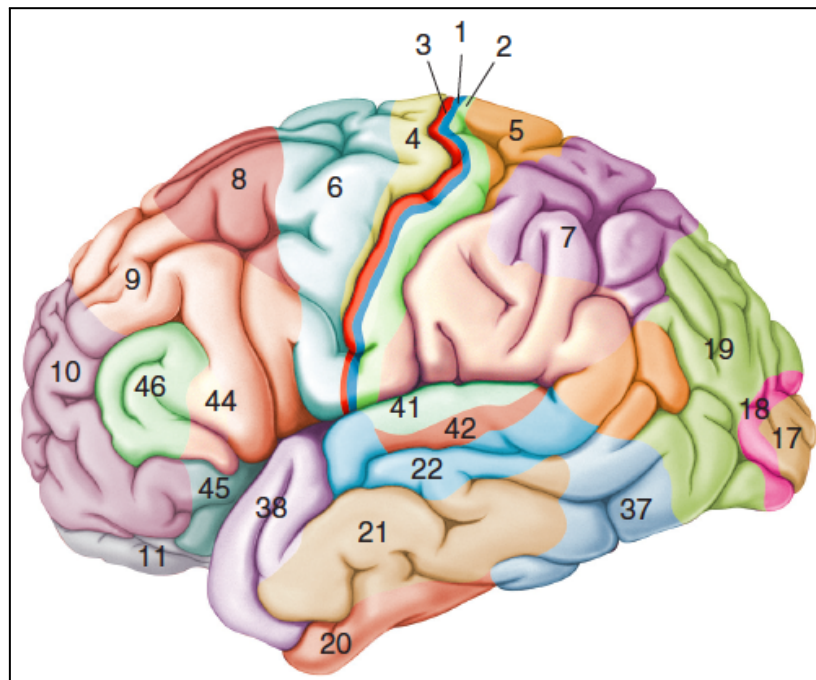
O estudo do cérebro nem sempre foi orientado pela compreensão das suas complexas conexões e interações. No século XIX, as teorias predominantes, como a frenologia, focavam em uma visão mais fragmentada e estática do cérebro, propondo um modelo que sugeria uma divisão do encéfalo em áreas isoladas responsáveis por funções específicas, quase como um mosaico rígido de capacidades mentais. Hoje, no entanto, com o avanço da neurociência, compreende-se que o cérebro opera de forma altamente interconectada, com redes

¹⁹ Material sobre a BNCC na prática, elaborado pela Nova Escola, sem referência de data de publicação.

cerebral com base em suas características citoarquitetônicas, atribui números específicos a cada região. Este trabalho pioneiro lançou as bases para a compreensão moderna das funções cerebrais.

Embora o neuroanatomista não tenha conseguido demonstrar empiricamente suas suposições, Brodmann acreditava que diferentes áreas corticais desempenham funções distintas. Esta hipótese, que na época era apenas uma teoria, foi posteriormente confirmada por estudos avançados em neurociência. A classificação numérica das áreas corticais continua a ser uma ferramenta fundamental para pesquisadores que investigam a complexidade do cérebro humano e suas diversas funções.

Figura 20 - Mapa citoarquitetônico de Brodmann do córtex cerebral humano

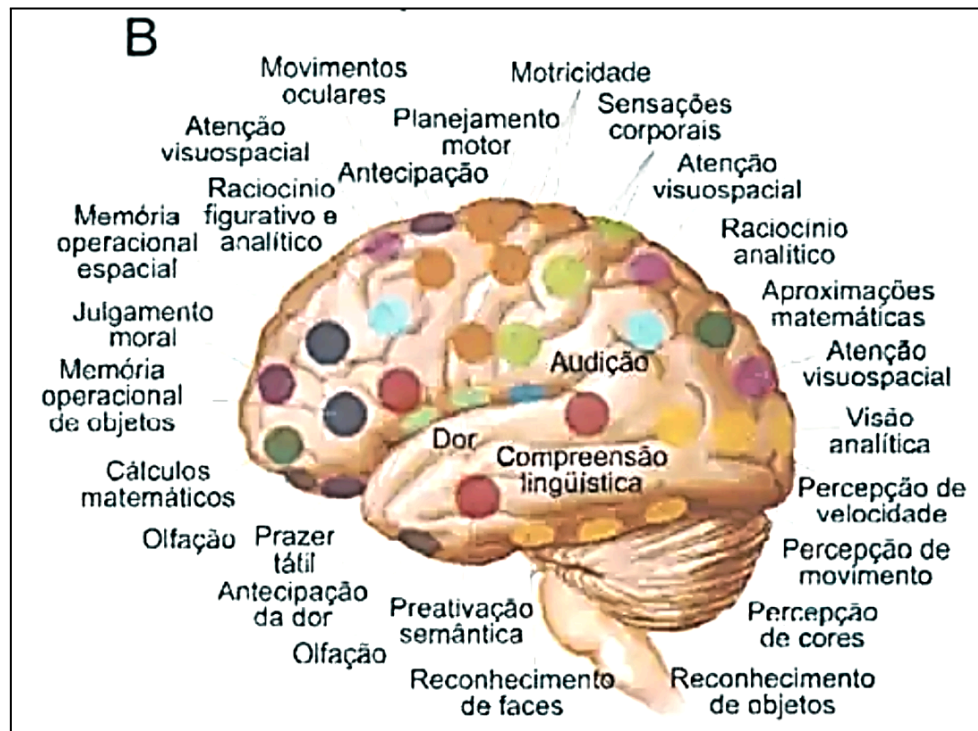


Fonte: (Bear, 2017, p. 2010)

Já na parte inferior, na figura 21, há uma representação moderna do cérebro, que mapeia funções cognitivas e motoras de forma mais precisa. As regiões cerebrais estão associadas a atividades como: movimentos oculares, planejamento motor e motricidade: localizados nas regiões frontais e parietais, responsáveis pelo controle motor e movimento ocular; raciocínio figurativo e analítico: funções atribuídas às regiões frontais e parietais do cérebro, envolvidas em processos de raciocínio e resolução de problemas. Também apresenta a compreensão linguística e audição: localizadas no lobo temporal, onde ficam áreas como a de Wernicke,

associada à compreensão da linguagem, e o córtex auditivo, responsável pela audição (Lent, 2010).

Figura 21 - Estudos modernos do encéfalo



Fonte: Imagem adaptada de Lent (2010, p.29)

Ao longo das últimas décadas, o avanço das neurociências tem permitido uma compreensão mais detalhada das funções cerebrais e de como diferentes regiões do cérebro estão envolvidas em processos específicos. Com isso, a imagem B apresenta o mapeamento da memória operacional, julgamento moral e espacial: associadas à capacidade de retenção temporária de informações e à tomada de decisões, envolvem o lobo pré-frontal; reconhecimento de faces e objetos; regiões do lobo temporal e occipital, responsáveis pela percepção visual e identificação de rostos e formas e prazer tátil, olfação e dor; funções sensoriais processadas em várias partes do cérebro, incluindo o córtex somatossensorial e o sistema límbico (Lent, 2010).

O cérebro humano tem uma habilidade notável de se adaptar e se reinventar, um conceito conhecido como plasticidade. Esse fenômeno está ligado ao movimento incessante dentro de nossos sistemas, que permite ao sistema nervoso redefinir, regenerar e recuperar suas funções. Esse processo é essencial não só para a aprendizagem, mas também para a capacidade de resolver os desafios

diários que enfrentamos. Essa plasticidade cerebral é fundamental para o desenvolvimento do raciocínio e na busca de soluções para problemas cotidianos (Filho; Bridi; Rotta, 2018).

A plasticidade cerebral desempenha um papel crucial na aprendizagem, permitindo que o SNC articule de forma eficaz as interações do ambiente interno e externo. Esta capacidade de criar e desfazer conexões neuronais, conhecidas como sinapses, é fundamental para a adaptação constante do cérebro às novas informações (Cosenza; Guerra, 2011).

Para entender melhor as competências gerais da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e suas relações com a neurociência, podemos explorar como cada uma dessas competências, associando ao funcionamento do cérebro humano. A seguir, o Quadro 5 detalha essas competências, seus objetivos e a correspondência com áreas e funções específicas do sistema nervoso central, destacando como o desenvolvimento dessas habilidades está intimamente ligado ao entendimento neurocientífico.

Quadro 5 - Competências Gerais da BNCC

Competências gerais da BNCC e as associações com as Neurociências			
Competências Gerais		Intenção do objetivo	Associação com a Neurociência
1	Conhecimento	Cerne do processo de construção do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Percepção; • Atenção; • Memória.
2	Pensamento científico, crítico e criativo	Desenvolvimento do raciocínio, utilização de estratégias e busca por soluções	<ul style="list-style-type: none"> • Funções executivas; • Córtex pré-frontal.
3	Repertório cultural	Conhecimento e compreensão da diversidade nas manifestações artísticas	<ul style="list-style-type: none"> • Hipocampo; • Amígdala.
4	Comunicação	Boa comunicação, por meio de variadas linguagens	<ul style="list-style-type: none"> • Área de Broca; • Área de Wernicke; • Fascículo arqueado.
5	Cultura digital	Uso consciente da tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> • Núcleo accumbens; • Córtex cingulado anterior.
6	Trabalho e projeto de vida	Foco em gerir e planejar a vida	<ul style="list-style-type: none"> • Funções executivas; • Córtex pré-frontal.
7	Argumentação	Capacidade em construir argumentos, conclusões e opiniões, valorizando a ética e os direitos de todos	<ul style="list-style-type: none"> • Área de Broca; • Área de Wernicke; • Fascículo arqueado.
8	Autoconhecimento e autocuidado	Aprendizado em cuidar da saúde física e emocional	<ul style="list-style-type: none"> • Funções executivas; • Corpos mamilares.
9	Empatia e cooperação	Desenvolvimento social	<ul style="list-style-type: none"> • Amígdala; • Córtex límbico.
10	Responsabilidade e cidadania	Capacidade de atuação na construção da sociedade	<ul style="list-style-type: none"> • Núcleo accumbens.

Fonte: Elaborado pela autora

A aquisição de conhecimento (primeira competência), um dos pilares da aprendizagem, é um processo complexo que envolve a interação de múltiplos sistemas cognitivos. A percepção, a atenção e a memória desempenham papéis cruciais nessa dinâmica, permitindo que o indivíduo codifique, armazene e recupere informações do ambiente. Conforme Lent (2010), a percepção, enquanto processo de atribuição de significado aos estímulos sensoriais, é fundamental para a

construção de representações mentais do mundo, influenciando diretamente nosso comportamento e interação com o ambiente. A neurobiologia da percepção, por sua vez, envolve uma complexa rede neural que inclui áreas sensoriais primárias e secundárias, responsáveis pelo processamento inicial e pela integração das informações sensoriais, como demonstrado por Machado e Haertel (2014). A base neural da percepção é complexa e envolve diversas áreas cerebrais especializadas no processamento de diferentes modalidades sensoriais. Machado e Haertel (2014) destacam a importância das áreas visuais, auditivas, vestibulares, olfativas e gustativas na formação das nossas experiências perceptuais.

A área visual primária, conhecida como V1, localiza-se no *sulco calcarino* e corresponde à área 17 do sistema de classificação de Brodmann (imagem 20), também chamada de *córtex estriado*. Essa área é fundamental para a percepção visual, pois é a primeira a processar as informações visuais recebidas dos olhos. Em contraste, as áreas visuais secundárias, designadas como V2, V3, V4 e V5, vão além do *lobo occipital*, que abrange as áreas 18 e 19 de Brodmann, e se estendem também ao *lobo temporal*, envolvendo as áreas 20, 21 e 37 de Brodmann. Essa expansão das áreas visuais secundárias ilustra a complexidade e a interconexão das regiões cerebrais dedicadas ao processamento visual.

No decorrer dos avanços nos estudos da neurociência, torna-se possível afirmar que as funções das áreas visuais, revelam que essas regiões não apenas recebem e processam informações visuais, mas também integram dados vindos de diferentes modalidades sensoriais, influenciando funções cognitivas superiores, como atenção e memória.

As áreas auditivas do cérebro são organizadas em duas regiões principais: A1, que é a área auditiva primária, e A2, a área auditiva secundária. A área A1 está situada no *giro temporal transverso anterior*, também conhecido como *giro de Heschl*, e corresponde às áreas 41 e 42 do sistema de classificação de Brodmann. Essa região é essencial para a recepção das fibras da radiação auditiva, que se originam no *corpo geniculado medial*, desempenhando um papel fundamental no processamento inicial das informações sonoras (Machado; Haertel, 2014).

Em contraste, a área A2 (imagem 20) está localizada em uma região adjacente à A1, dentro do *lobo temporal*, e corresponde à área 22 de Brodmann. A função da área A2 é mais complexa, pois está associada ao processamento de

informações auditivas de natureza especial, como a análise de características sonoras e a compreensão da linguagem (Machado; Haertel, 2014).

Os estudos das neurociências estão oportunizando compreender que as correlações das áreas cerebrais se comunicam a todo tempo, e isso proporciona compreender que as áreas auditivas processam os estímulos sonoros, assim como integram as informações auditivas com diferentes áreas sensoriais e as funções executivas, como a memória e a atenção.

A área vestibular, que se relaciona à projeção da sensibilidade, encontra-se localizada no *lobo parietal*, abrangendo uma pequena região da área somestésica correspondente à face. Essa configuração destaca a relevância das interações sensoriais no processamento da informação corporal, refletindo a complexidade da organização cerebral conforme descrita nas divisões de Brodmann. Por outro lado, a área olfativa, que ocupa uma exígua região na parte anterior do *uncus* e do *giro para-hipocampal*, é também conhecida como *córtex piriforme* (Machado; Haertel, 2014).

As áreas gustativas revelam uma interconexão significativa entre os processos visuais, cognitivos e a percepção gustativa. Quando um indivíduo visualiza ou pensa em um alimento saboroso, ocorre a ativação da área gustativa localizada na *ínsula*, que desempenha um papel crucial na experiência do paladar. Especificamente, a área gustativa primária, situada na parte posterior da *ínsula*, é classificada como um *isocórtex heterotípico granular*, refletindo a complexidade de sua organização funcional. Além disso, a área gustativa secundária é identificada na região *orbitofrontal da área pré-frontal*, onde recebe impulsos provenientes da *ínsula* (Machado; Haertel, 2014). Na perspectiva das conexões cerebrais, as experiências gustativas são influenciadas por estímulos visuais e processamentos cognitivos.

De acordo com Machado e Haertel (2014), às áreas corticais associadas à motricidade no contexto da percepção incluem a área motora primária (M1) e as áreas motoras secundárias, que se subdividem em área pré-motora e área motora suplementar. A área M1, correspondente à área 4 de Brodmann, está localizada no *giro pré-central*, no campo posterior do *córtex motor*. Esta região é caracterizada como um *isocórtex heterotípico agranular*, segundo a citoarquitetura, devido à presença de células piramidais gigantes, conhecidas como *células de Betz*, que desempenham um papel crucial na execução de movimentos voluntários. Compreender as funções dessas áreas motoras, revela a complexa conexão das

áreas do encéfalo e suas interações com outras regiões cerebrais, além de apresentar as influências nas funções perceptivas, cognitivas, sensoriais e das funções executivas.

Conforme Machado e Haertel (2014), a área pré-motora, considerada uma área motora secundária, está situada no *lobo frontal* e corresponde à área 6 de Brodmann, ocupando uma extensão significativa da face lateral do hemisfério cerebral. Essa região desempenha um papel crucial na preparação e no planejamento de movimentos, facilitando a coordenação motora e a execução de tarefas motoras complexas. Em contraste, a área motora suplementar, que também se localiza na área 6, encontra-se na *face medial do giro frontal superior*. Esta área é essencial para a programação de movimentos sequenciais e para a execução de ações motoras automatizadas. Fazer as relações das áreas do cérebro de maneira integral e dialógica, corrobora para possíveis leituras com outras regiões cerebrais, como o *corpo estriado* e a área motora primária (M1), conectando com o *tálamo*, além das ligações com a *área pré-frontal*.

No âmbito da percepção, a atenção está intimamente relacionada às áreas sensoriais, especialmente às regiões corticais associadas ao processamento visual, como as áreas V4 e o *córtex inferotemporal*. Estudos experimentais demonstram que essas regiões corticais são ativadas em resposta ao foco atencional, ressaltando a articulação entre os sistemas perceptuais e a atenção. Essa interação sugere que a atenção não apenas amplifica a percepção sensorial, mas também modula a maneira como as informações visuais são processadas. Adicionalmente, o *núcleo pulvinar*, situado no *tálamo*, emerge como uma estrutura fundamental na modulação atencional no contexto perceptual. Ele desempenha um papel crucial na integração e na distribuição de informações sensoriais, facilitando a atenção a estímulos relevantes. Além disso, considera-se ainda a contribuição do campo ocular frontal, uma área do córtex frontal (Lent, 2010).

A memória é mediada por diversas estruturas neurobiológicas, uma vez que existem diferentes tipos de memórias, como memória ultrarrápida ou imediata, memória de curta duração e a memória de longa duração, que estão relacionadas ao tempo de retenção da informação. Quanto à sua natureza, a memória tem a classificação de memória explícita ou declarativa, memória implícita ou não declarativa e memória operacional ou memória de trabalho, como ressaltado nas observações de Lent (2010) e as associações a regiões específicas do cérebro.

No caso da memória operacional ou de trabalho, o *córtex pré-frontal* é fundamental para a determinação do conteúdo. Por outro lado, as memórias de curta e longa duração são processadas pelo *hipocampo*, que desempenha um papel crucial na formação e consolidação dessas memórias.

No que se refere à memória declarativa, as áreas cerebrais envolvidas são compostas por regiões *telencefálicas* e *diencefálicas*, que estão interconectadas. Essa interconexão é realizada por meio do *fórnix*, uma estrutura que conecta o *hipocampo* ao *corpo mamilar* localizado no *hipotálamo* (Machado; Haertel, 2014).

As segunda e sexta competências relacionam-se com diferentes repertórios de várias áreas cerebrais, destacando-se, em particular, as funções executivas (FE) e o *córtex pré-frontal*, localizado no *lobo frontal*. Ao tratar dessa região cerebral, é imprescindível esclarecer que a interpretação das suas associações com a neurociência não deve ser feita sob a perspectiva do determinismo ou do localizacionismo neurocientífico. Pelo contrário, a visão adotada aqui reconhece a complexidade do *córtex pré-frontal*, que ocupa cerca de um quarto da superfície cortical e estabelece conexões com quase todas as áreas do *córtex cerebral*. Essa interligação sublinha sua importância no processamento de informações de diversas naturezas, refletindo a integração funcional entre as diferentes regiões cerebrais.

Diante desse cenário, Machado; Haertel (2014, p. 255) revela que a área *pré-frontal* se conecta com "vários *núcleos talâmicos*, em especial o *núcleo dorsomedial*, *amígdala*, *hipocampo*, *núcleos da base*, *cerebelo*, *tronco encefálico*, ou seja, praticamente todo o *encéfalo* além das projeções monoaminérgicas dos sistemas modulatórios de projeção difusa". Em consonância com o exposto, a citação enfatiza que diversos núcleos do sistema nervoso central estão envolvidos em uma ampla gama de funções, ressaltando e reiterando a participação de praticamente todo o *encéfalo* e a maneira integral que o *cérebro* se comunica.

No que tange às funções executivas, podem ser entendidas como um conjunto de capacidades mentais que permitem ao indivíduo realizar tarefas de forma independente, organizada, criativa, eficiente e socialmente adaptada. As estruturas neurobiológicas das FE são atribuídas a algumas áreas como a do *lobo pré-frontal*, com associação das *áreas sensoriais*, *paralímbicas* e *subcorticais* (Lima; Ferreira, 2015). Ao trazerem suas reflexões sobre as funções executivas, Lima; Ferreira (2015) pontuam que

[...] operacionalmente as FE envolvem todas as etapas de um comportamento dirigido a um objetivo: intenção, planejamento, estabelecimento de hierarquia de prioridade, tradução da intenção em uma ação, seleção de estratégias, monitoramento do desempenho, flexibilidade para mudança de estratégias, quando as anteriormente estabelecidas não forem suficientes ou eficazes, e autoavaliação do desempenho (p.127).

É possível, assim, evidenciar que FE são fundamentais para a realização de comportamentos direcionados a objetivos, envolvendo diversas etapas cognitivas. Elas englobam desde a intenção inicial e o planejamento, até o estabelecimento de prioridades e a tradução dessas intenções em ações concretas. Além disso, as FE incluem a seleção e o monitoramento de estratégias, permitindo a flexibilidade para ajustá-las quando necessário, indo ao encontro das competências que visam o pensamento científico, crítico e criativo, além do autoconhecimento e autocuidado.

Na terceira competência, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) busca promover o conhecimento e a compreensão da diversidade nas manifestações artísticas. Essa competência destaca tanto os processos cognitivos a serem desenvolvidos quanto o resgate da identidade cultural de cada indivíduo, reforçando a importância das vivências identitárias coletivas. Conforme Cosenza e Guerra (2011), a interação do sujeito com o meio e com seus pares é fundamental para a formação de novas conexões neurais, sendo essa relação com o ambiente essencial para o surgimento de novos comportamentos e aprendizagens no cérebro. Assim, a vivência no contexto cultural e social desempenha um papel central no desenvolvimento cognitivo e no fortalecimento das identidades individuais e coletivas.

No que se refere ao aspecto neurobiológico da terceira competência da BNCC, que aborda o conhecimento e a compreensão da diversidade nas manifestações artísticas, é pertinente relacionar essas funções com duas estruturas-chave do sistema límbico: o hipocampo e a amígdala (LENT, 2010). A *amígdala* cerebral desempenha um papel fundamental na mediação das respostas emocionais e na atribuição de significado afetivo às experiências sensoriais, o que inclui a apreciação artística. O *hipocampo* desempenha um papel crucial no conhecimento e na compreensão da diversidade artística, pois está envolvido na consolidação da memória explícita e na formação de novas memórias.

No que tange o aspecto neurobiológico da terceira competência da BNCC, é relevante associar com o *hipocampo*, e uma área que compõe o sistema límbico: a

amígdala, estruturas primordiais para o processamento da memória e das emoções. O hipocampo fica responsável pela consolidação da memória explícita e a amígdala por outro lado atua como um modulador de toda experiência emocional, outrossim, o "hipocampo recebe também fibras da amígdala, que reforçam a memória de eventos associados a situações emocionais" (Machado; Haertel, 2014, p. 271).

Na quarta e na sétima competência, a estrutura neurológica está intrinsecamente relacionada às áreas de comunicação e linguagem. Em particular, o hemisfério esquerdo apresenta uma dominância significativa nos mecanismos linguísticos, sendo associado a duas regiões fundamentais para a linguagem: a área de *Broca* e a área de *Wernicke*. Essas áreas são cruciais para a produção e a compreensão da linguagem, respectivamente, e sua interconexão destaca a complexidade dos processos comunicativos no cérebro humano. A área de Broca localiza-se nas regiões médias do *lobo frontal*, enquanto a área de Wernicke está presente na junção *temporo-parietal*. Em relação à linguagem por meio da leitura, observam-se ativações na junção *occipito-temporal* (Cosenza; Guerra, 2011). Além dessas duas áreas cerebrais, para que aconteça a comunicação entre a área de Broca e a área de Wernicke há a atuação do "*fascículo arqueado*" (um feixe de axônios que liga as duas áreas corticais) e o *giro angular* (Bear, 2017, p.702).

Na quinta competência, o foco é a consciência tecnológica no contexto da cultura digital. O objetivo é capacitar o educando a dominar o universo digital, utilizando ferramentas de forma qualificada e ética, além de compreender o pensamento computacional e os impactos da tecnologia na vida e na sociedade. Diante dos objetivos desta competência, torna-se necessário reiterar a presença da atuação conectiva dos córtex pré-frontal, córtex parietal, córtex temporal, córtex occipital, visto que as conexões sinápticas ocorrem a todo tempo, através das neuroplasticidades.

Contudo, selecionamos algumas associações cerebrais para além dos córtex mencionados. Dito isso, para gerar essa consciência tecnológica a área do *núcleo accumbens* é a área do cérebro que é responsável do sistema de recompensa ou do prazer do cérebro (Machado; Haertel, 2014, p.265), ou seja, a estimulação dessa área cerebral provoca sensação de prazer e bem-estar. (Cosenza; Guerra, 2011, p.80). Além disso, o *núcleo accumbens* corrobora com a décima competência geral da BNCC. O *córtex cingulado anterior* é uma região cerebral que desempenha um papel crucial na integração entre os estados emocionais internos e a resposta

fisiológica do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA). Essa área do cérebro é responsável por processar emoções, regular o comportamento (Bear, 2017).

Na oitava competência da Base Nacional Comum Curricular, destaca-se a contribuição das *funções executivas* para o desenvolvimento do autoconhecimento e autocuidado, em continuidade ao que foi mencionado nas segunda e sexta competências. Além disso, os *corpos mamilares*, que integram o sistema límbico, desempenham um papel fundamental no processamento e na regulação da memória, especialmente no que diz respeito à *memória episódica*, relacionada às experiências pessoais e à construção da identidade (Tabaquim; Rodrigues, 2015). Assim, nota-se a relação da neurociência com o autoconhecimento e o autocuidado, antepenúltima competência da BNCC.

A nona competência da BNCC recebe uma importante contribuição da *amígdala*, assim como ocorre na terceira competência, dado o papel dessa estrutura na regulação das emoções. "Estudos indicam que a *amígdala* é ativada em resposta a diferentes expressões faciais, como felicidade, tristeza e raiva" (Bear, 2017, p.633), o que demonstra sua relevância no processamento emocional. Além disso, o desenvolvimento social, incluindo a empatia e a cooperação, é fortemente influenciado pelo sistema límbico, que envolve diversas estruturas cerebrais. Entre essas, o *córtex límbico* se destaca por sua interconexão com o circuito de Papez, uma rede responsável pela regulação das emoções, aprendizado e memória (Bear, 2017). Dessa forma, a contribuição do sistema límbico, em especial da amígdala e do circuito de Papez, é essencial para a formação de competências socioemocionais, reforçando a importância de uma abordagem neurocientífica na educação.

Na perspectiva neurobiológica, a motivação desempenha um papel fundamental no processo de aprendizagem. Para que um indivíduo possa agir e tomar decisões, é necessário que seu cérebro esteja ativado por necessidades internas, estados emocionais e aspirações que impulsionam seu comportamento, sempre considerando sua subjetividade. A subjetividade, conforme afirmam Filho e Bridi (2016), é resultado da interação entre o corpo e o ambiente, envolvendo os desafios e as soluções que surgem em resposta às exigências da existência no mundo. Cosenza e Guerra (2011) apontam que a motivação está intimamente relacionada ao circuito dopaminérgico, no qual a dopamina, um neurotransmissor

originado nos neurônios mesencefálicos localizados na parte inferior do cérebro, exerce um papel central.

Essa conexão neurobiológica evidencia que a articulação entre as neurociências e o desenvolvimento das competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) ocorre de forma sincrônica, contribuindo para a formação integral do sujeito. Assim, para promover um desenvolvimento pleno e integral do aprendiz, é essencial a criação de uma estrutura curricular que integre as áreas da educação, ciências e neurociências. Essa abordagem integrada pode potencializar a efetividade do aprendizado, abrangendo tanto o funcionamento do cérebro quanto a experiência subjetiva do sujeito.

5.2. Contribuições das neurociências ao desenvolvimento competências gerais da BNCC

No campo da educação, o estudo das bases neurofisiológicas do desenvolvimento educacional, a partir de uma perspectiva neurobiológica, revela o papel crucial que o cérebro desempenha no processo de aprendizagem. As decisões e ações de um indivíduo são moldadas não apenas por suas necessidades internas e estados emocionais, mas também por aspirações que refletem sua subjetividade. De acordo com Bridi Filho e Bridi (2016), essa subjetividade emerge da interação dinâmica entre corpo e ambiente, na qual o ser humano responde aos desafios impostos pela sua existência. O entendimento dessa dinâmica se torna essencial para a elaboração de estratégias pedagógicas que considerem o sujeito de forma integral, abrangendo tanto o aspecto biológico quanto o socioemocional.

A relação entre a motivação e o circuito dopaminérgico, como destacam Cosenza e Guerra (2011), ilustra como o funcionamento cerebral influencia diretamente a aprendizagem. A dopamina, neurotransmissor fundamental nesse processo, facilita a tomada de decisões e o engajamento em atividades, aspectos essenciais para o desenvolvimento de competências. Nesse sentido, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), ao integrar a educação com as neurociências, reforça a importância de uma abordagem que promova o desenvolvimento integral do sujeito. Ao valorizar tanto o conhecimento científico sobre o cérebro quanto a experiência subjetiva do educando, essa integração curricular potencializa a efetividade das práticas pedagógicas e fomenta uma formação mais completa.

As neurociências têm desempenhado um papel cada vez mais relevante no campo da educação, oferecendo percepções valiosas sobre como o cérebro aprende e processa informações. Esse conhecimento tem sido fundamental para a construção de práticas pedagógicas mais eficazes, alinhadas às demandas contemporâneas da educação.

A BNCC, ao propor uma formação que visa o desenvolvimento do conhecimento, habilidades, atitudes e valores, para todos os educandos no território nacional brasileiro, possibilita expandir as contribuições das neurociências para o desenvolvimento de competências cognitivas, socioemocionais e motoras. Ao entender como o cérebro funciona em diferentes contextos de aprendizagem, o profissional da educação pode visualizar nos estudos neurocientíficos a potencial ferramenta em sua prática pedagógica. Essa alegação se dá devido às contribuições neurocientíficas, especialmente em áreas como a memória, atenção, motivação e plasticidade cerebral, permitindo que os processos educativos sejam otimizados para promover um aprendizado.

A Base Nacional Comum Curricular propõe uma educação que aponta tanto o desenvolvimento cognitivo quanto o emocional dos educandos, e as neurociências oferecem bases científicas para apoiar essa visão. Ao integrar os processos educacionais mais sistematizado, (– a título de exemplo: as diretrizes, o currículo, as estratégias didáticas, as abordagens pedagógicas, aulas expositivas, atividades práticas, atividades baseadas em projetos, avaliações, espaços físicos, ambiente escolar, espaços educacionais diversos, entre outros –) com os saberes neurobiológicos e os componentes cognitivos essenciais, compreendemos o funcionamento do

[...] *input* (auditivo, visual, tátil-quinestésico etc.); cognição (atenção, memória, integração, processamento simultâneo e sequencial, compreensão, planificação, autorregulação etc.); *output* (falar, discutir, desenhar, observar, ler, escrever, contar, resolver problemas etc.); retroalimentação (repetir, organizar, controlar, regular, realizar etc.) (Fonseca, 2015, p.154).

Embora Filho e Bridi (2016), Cosenza e Guerra (2011) e Fonseca (2015) conciliam suas discussões acerca das contribuições das neurociências no processo de aprendizagem, vale dizer que se os comportamentos são intrinsecamente dependentes do cérebro, é lógico concluir que a aquisição de novos

comportamentos, um dos principais objetivos da educação, também resulta de processos neurais que ocorrem no cérebro aprendiz. As práticas pedagógicas implementadas no processo de ensino-aprendizagem, em conjunto com as diversas experiências de vida às quais o indivíduo é submetido, desempenham um papel crucial na ativação de mecanismos como a neuroplasticidade. A neuroplasticidade, por sua vez, permite que o cérebro se modifique estruturalmente, adaptando-se às novas aprendizagens.

No entanto, é preciso refletir criticamente sobre a aplicação dessas descobertas na educação. O desafio está em garantir que as estratégias pedagógicas realmente estejam alinhadas com as evidências neurocientíficas, e não apenas baseadas em tendências simplificadas da neurociência. Assim, cabe à educação adotar uma postura crítica e consciente, utilizando esse conhecimento para promover mudanças significativas no processo de aprendizagem, respeitando a complexidade dos processos cerebrais envolvidos e fatores socioeconômicos e culturais de cada aprendiz (Cosenza; Guerra, 2011).

Ao definirmos o objeto de estudo da educação, percebemos que não teremos uma vertente homogênea. As correntes teóricas pedagógicas, filosóficas e sociológicas proporcionam uma vasta possibilidade de interpretação sobre os processos educacionais. Há abordagens que reconhecem e aprofundam no viés sociopolítico da educação e suas implicações no processo educacional do sujeito; já outros, irão observar o processo de aprendizagem por uma visão cognitiva e socioemocional. A complexa pluralidade do âmbito educacional evidencia a necessidade de reconhecer as facetas de estudos diversos sobre educação; assim como possibilita o debate para o reconhecimento da diversidade das visões que compõem o fenômeno educativo no Brasil e ao redor do mundo.

De forma similar, os estudos em neurociência não apresentam uma abordagem única. A escolha de uma vertente específica da neurociência para analisar o processo educacional direciona a investigação para uma tendência específica da neurociência educacional. Migliori (2013, p. 16) destaca o caráter interdisciplinar do campo, que abrange diversas áreas, como "neuroanatomia, neurofisiologia, neurologia, neurobiologia, neuroendocrinologia, neurofarmacologia, neurogenética, neuropatologia, neuropsicologia, neuropsiquiatria, neurorradiologia, neuroquímica, neurociência social e neuroeconomia". No entanto, embora essas vertentes ofereçam contribuições importantes para o entendimento dos processos

de ensino-aprendizagem, a interpretação e a aplicação desses conhecimentos no contexto educacional dependem de uma articulação cuidadosa entre os achados neurocientíficos e os pressupostos pedagógicos. Essa integração deve ser crítica e cuidadosa para evitar a adoção de visões reducionistas sobre a educação.

A neurociência, por si só, não fornece respostas definitivas para questões educacionais, e seu uso sem uma mediação crítica pode levar a uma visão mecanicista da educação. Para distanciar do risco da abordagem simplista, é essencial que as contribuições neurocientíficas sejam contextualizadas e integradas a uma abordagem educativa mais ampla, que considere tanto os aspectos biológicos quanto os sociais e culturais que influenciam o aprendizado. Dito isso, as considerações realizadas por Cosenza e Guerra (2011) elucidam que

[...] do ponto de vista neurobiológico a aprendizagem se traduz pela formação e consolidação das ligações entre as células nervosas. É fruto de modificações químicas e estruturais no sistema nervoso de cada um, que exigem energia e tempo para se manifestar. Professores podem facilitar o processo, mas, em última análise, **a aprendizagem é um fenômeno individual e privado e vai obedecer às circunstâncias históricas de cada um de nós** (p.38). (grifo nosso)

Para exemplificar e aproximar de uma leitura comum na educação o que foi discutido sobre a pluralidade das áreas que contribuem para os estudos educacionais, podemos utilizar a investigação temática de Freire (2014). Embora adotando uma perspectiva ontológica, é possível traçar relações entre a educação proposta por Freire e as abordagens da neurociência. Ao afirmar que "o momento deste buscar é o que inaugura o diálogo da educação como prática da liberdade" (Freire, 2014, p.121), podemos associar essa busca aos mecanismos biológicos, como a motivação e o sistema límbico, que influenciam nossos comportamentos. Além disso, aspectos como a epigenética e a neuroplasticidade demonstram a capacidade do cérebro de modificar suas estruturas a partir de novas experiências, o que, na visão freireana, poderia ser traduzido como uma prática educativa que liberta o sujeito para o novo, estimulando ações significativas e autônomas.

Inicialmente, pode parecer desafiador correlacionar a neurociência com um autor que se aproxima da educação por uma via ontológica, como Paulo Freire. No entanto, ao considerarmos uma de suas principais ideias – a prática educativa libertadora – estamos, de fato, tratando de processos de reflexão, autorregulação e tomada de consciência. Esses processos envolvem mecanismos cerebrais que

regulam impulsos e comportamentos, permitindo que o sujeito exerça sua liberdade de ser, mesmo diante das limitações impostas pelas condições neurobiológicas. Dessa forma, a neurociência não nega a possibilidade de liberdade; ao contrário, ela a recontextualiza, sugerindo que a liberdade não significa ausência de condicionamentos, mas a capacidade de agir deliberadamente e com reflexão dentro de um conjunto de influências neurológicas e ambientais.

Ainda ao dialogar com Paulo Freire, patrono da educação brasileira, e estabelecendo uma leitura pela lente da neuroeducação, podemos iluminar o processo freireano quando ele menciona que "é o momento em que se realiza a investigação do que chamamos de universo temático do povo ou o conjunto de seus temas geradores" (Freire, 2014, p.121). Nesse contexto, o educador tem a oportunidade de aproximar sua prática pedagógica da neurociência, uma vez que o conceito de "universo temático do povo" e dos "temas geradores" se alinha à compreensão neurocientífica de como o aprendizado e o desenvolvimento cognitivo são profundamente moldados pelas experiências e pelo contexto social do indivíduo.

De acordo com Bear (2017, p.824), "a aprendizagem é a aquisição de novos conhecimentos ou habilidades. Memória é a retenção da informação aprendida". Essa perspectiva dialoga com a abordagem freireana ao considerar que o processo de aprendizagem é imbuído por experiências passadas e pelo envolvimento ativo do sujeito. Esses aspectos, que constituem a base dos "temas geradores", ressoam na neurociência, que mostra que a aprendizagem significativa ativa redes neurais mais amplas e complexas.

Ao trazer Paulo Freire para o diálogo, buscamos estabelecer uma conexão que enriqueça as práticas educacionais dos professores, pois ao integrar o aprendizado à realidade e à cultura do educando, é possível aproximar essa abordagem dos princípios da neuroeducação. A neuroeducação, que combina descobertas da neurociência com o campo educacional, visa otimizar o processo de ensino-aprendizagem. O alinhamento entre a pedagogia crítica de Freire e os fundamentos da neuroeducação ressalta como ambas as abordagens valorizam um ensino contextualizado, capaz de estimular aspectos neurobiológicos, assim, uma aprendizagem transformadora.

A neuroeducação, derivada da expansão da neurociência cognitiva para o campo educacional, surge como um campo multidisciplinar que oferece novas

perspectivas para a prática docente e de estudos da neurociência. Ao integrar conhecimentos sobre o funcionamento do cérebro com teorias pedagógicas, a neuroeducação possibilita um entendimento mais profundo dos processos de aprendizagem, favorecendo a criação de estratégias de ensino que considerem tanto os aspectos cognitivos de um sujeito em processo de desenvolvimento.

Diante desse cenário Brandão e Caliatto (2019) argumentam que

[...] a neuroeducação, enquanto área do conhecimento atingirá uma conexão de diferentes áreas, tornando-se um campo multidisciplinar. [...] A possibilidade de a neuroeducação ser uma grande aliada da docência e de todo o contexto educacional conduz à ideia principal da neuroeducação. [...] Ao descreverem o desenvolvimento da neuroeducação, conferem a esta nova ciência, não só a responsabilidade de investigar o processo de aprendizagem, mas também, de explicar diferentes níveis de complexidade neuronal envolvidos no processo (p. 528-529).

A colaboração entre neurocientistas, cientistas cognitivos e educadores é fundamental para ampliar a compreensão sobre como a aprendizagem se processa em contextos sociais e culturais. Essa interação permite que os conhecimentos gerados pelas pesquisas científicas sejam aplicados no desenvolvimento de práticas pedagógicas baseadas em evidências, tanto em ambientes formais quanto informais de ensino. Nesse sentido, um dos principais objetivos da neuroeducação é justamente traduzir as descobertas das neurociências e ciências cognitivas, facilitando a interpretação e aplicação desses achados pelos educadores em suas práticas diárias em sala de aula. (Hardiman; Gregory; Rinne; Yarmolinskaya, 2011).

A neuroeducação surge como um campo interdisciplinar que dialoga com as descobertas da neurociência e da psicologia no processo educativo, alinhando-se aos princípios da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que busca promover uma educação integral. Uma visão sob a neuroeducação reconhece que o processo de aprendizagem não é um episódio isolado, mas sim um processo complexo que envolve tanto os fatores neurobiológicos quanto as influências do ambiente social e cultural do educando.

A BNCC enfatiza o desenvolvimento das dez competências gerais a serem desenvolvidas ao longo da educação infantil ao ensino médio, tendo em vista as habilidades necessárias para a formação integral. Dessa forma, a neuroeducação oferece estudos valiosos para entender como os processos neurobiológicos afetam a aprendizagem e como práticas pedagógicas fundamentadas em evidências

podem ser implementadas para atender às necessidades do processo educacional. As contribuições das neurociências no desenvolvimento das dez competências gerais da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) são significativas, como apresentadas no subtópico anterior, onde fornecemos apontamentos dos processos cerebrais envolvidos na aprendizagem.

É possível complementar essa ideia dizendo, no que tange a aprendizagem, que "ao pensamento a conexão possível entre neurologia e desenvolvimento, mais especificamente desenvolvimento cognitivo, devemos pensar que o próprio desenvolvimento neurológico só é possível por meio da conexão do sistema neural com o ambiente" (Rotta; Bridi Filho; Bridi, 2016, p. 19). Ainda sobre as possibilidades das contribuições das neurociências as competências gerais da BNCC,

[...] nossa rede neural, que ajuda a sustentar a nossa aquisição de conhecimento, é permeada por um mapa constitutivo, por elementos que chamamos de subjetividade. A subjetividade é fruto do resultado do corpo com o ambiente, dos entraves e das soluções encontradas para cada choque de sobrevivência de nossa existência no mundo. [...] A costura feita entre a genética, a biologia e a aprendizagem é que determina nossa mutante constituição, inclusive no campo da aprendizagem formal (Rotta; Bridi Filho; Bridi, 2016, p. 21).

Ao mencionar a aprendizagem formal, chegamos às contribuições das neurociências nas competências gerais da Base Nacional Comum Curricular, que devem ser alcançadas no processo educacional no ensino regular educacional. As contribuições em relação às competências gerais, no desenvolvimento da primeira competência sobre o conhecimento, os estudos da neurociência possibilitam insights sobre como a memória de longo prazo se consolida no encéfalo. As pesquisas sobre a memória e o aprendizado, possibilitam o reconhecimento dos diferentes tipos de memória que Bear (2017) salienta a existência da memória relacionada a fatos e eventos é frequentemente referida como memória declarativa, a qual pode ser subdividida em diferentes categorias, como as memórias episódicas e autobiográficas, que se referem às nossas experiências de vida, e as memórias semânticas, que dizem respeito a informações factuais. Dentro dessa classificação, encontramos a memória de longo prazo, que permite o armazenamento de informações, representando uma parte significativa do que vivenciamos diariamente.

Em contraste, a memória de trabalho é caracterizada por sua capacidade limitada e temporária, retendo informações que são mantidas "na mente" para uso imediato.

Nas palavras de Lent (2010), a abordagem dada à percepção implica na "capacidade de associar as informações sensoriais à memória e à cognição, de modo a formar conceitos sobre o mundo e sobre nós mesmos e orientar o nosso comportamento" (p.612). Ainda à luz dos estudos de Lent (2010), a atenção

[...] é focalizar a consciência, concentrando os processos mentais [...] Isso significa que a atenção tem dois aspectos principais: (1) a criação de um estado geral de sensibilização, conhecido atualmente como alerta, e (2) a focalização desse estado de sensibilização sobre certos processos mentais e neurobiológicos – a atenção propriamente dita (p.631).

À face do exposto, estudos sobre a plasticidade cerebral mostram que a repetição e a prática constante fortalecem as conexões neurais da memória, percepção e atenção, facilitando a retenção de conteúdos e a formação de uma base sólida de conhecimentos, essencial para a construção do pensamento crítico e da compreensão profunda.

Na prática educacional, o desenvolvimento das funções executivas (FE) é fundamental para a consolidação da aprendizagem, pois influencia diretamente habilidades essenciais como planejamento, tomada de decisões e resolução de problemas no contexto escolar. Essa conexão se reflete nas competências gerais da BNCC, particularmente na segunda, sexta e oitava, que abordam pensamento científico, crítico e criativo; trabalho e projeto de vida e autoconhecimento e autocuidado. As funções executivas, como a atenção sustentada e a flexibilidade cognitiva, são cruciais para o sucesso dessas competências, pois permitem que os educandos mantenham o foco e se adaptem a diferentes situações do cotidiano escolar. Além disso, o desenvolvimento das FE demonstra como diferentes áreas do cérebro estão em constante interação para apoiar os processos neurais da aprendizagem, evidenciando a importância de uma abordagem integrada na educação que considere essas inter-relações.

Ao trazer suas reflexões sobre as funções executivas, Léon (2013) pontua as FE como

[...] um conjunto de habilidades cognitivas necessárias para realizar diversas atividades que demandam planejamento e monitoramento de comportamentos intencionais relacionados a um objetivo ou a demandas ambientais. As FE permitem ao indivíduo interagir com o mundo de forma

mais adaptativa, sendo fundamentais para o direcionamento e regulação de várias habilidades intelectuais, emocionais e sociais, como ir à escola. [...] Estudos demonstraram que algumas habilidades executivas, tal como o controle atencional [...], são preditoras de desempenho escolar em disciplinas como linguagem e matemática em crianças pré-escolares (p. 114-115).

Em particular, dentro das FE, enquanto a flexibilidade cognitiva possibilita a adaptação a novas informações e a reformulação de estratégias de resolução de problemas. Além disso, a memória de trabalho, outra FE essencial, facilita a retenção e manipulação de informações temporárias, ajudando na compreensão de conceitos complexos e na execução de tarefas escolares. Portanto, o desenvolvimento das funções executivas é essencial para uma aprendizagem eficaz, influenciando diretamente o desempenho do ensino-aprendizagem.

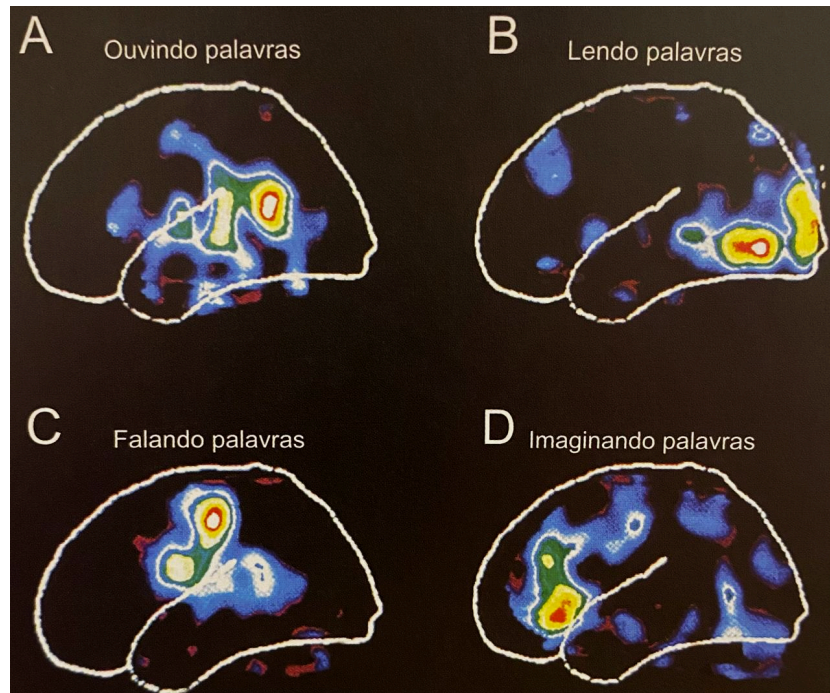
Uma das referências fundamentais para o desenvolvimento das competências gerais da BNCC é o córtex pré-frontal, presente na segunda e sexta competências gerais. Segundo Behar (2017), o córtex pré-frontal desempenha um papel crucial na "autoconsciência, capacidade de planejamento complexo e resolução de problemas", além de ser essencial para o aprendizado e a memória. O autor ressalta que essa região do cérebro está frequentemente envolvida na retenção de informações na memória de trabalho, sendo, portanto, um componente chave para o desenvolvimento cognitivo necessário à aprendizagem efetiva (p. 831-832).

Para o desenvolvimento das funções neurais relacionadas à comunicação e argumentação, as áreas de Broca, Wernick e o fascículo arqueado desempenham papéis centrais, conforme abordado nas competências gerais quatro e sete da BNCC. Essas áreas são fundamentais em todo o processo de aprendizagem, desde a educação infantil até o ensino superior, pois são responsáveis pelas competências linguísticas, que incluem o desenvolvimento da fala, a compreensão e a produção da linguagem.

Essas competências são de extrema importância, uma vez que essas estruturas neurofisiológicas, em interação com outras áreas corticais, permitem o desenvolvimento da linguagem oral, a articulação de fonemas, a construção de frases, a emissão e a compreensão da fala, além de outros aspectos relacionados à neuroanatomia da linguagem (Lente, 2010). Estudos neurolinguísticos evidenciam que diferentes áreas cerebrais são ativadas conforme os estímulos linguísticos,

mostrando a complexidade e a integração dos processos cerebrais envolvidos na linguagem, como demonstrado na imagem:

Figura 22 - Atividade neural de estudos neurolinguísticos



Fonte: Imagem adaptada de Lente (2010, p.685)

As áreas de Broca, Wernick e o fascículo arqueado desempenham funções essenciais no processamento da linguagem, sendo fundamentais para a comunicação e, por consequência, para a educação. A área de Broca, localizada no lobo frontal, está relacionada à articulação da fala e à expressão verbal, enquanto a área de Wernick, situada no lobo temporal, é responsável pela compreensão da linguagem. O fascículo arqueado, por sua vez, é uma via neural que conecta essas duas áreas, permitindo a integração entre a produção e a compreensão da linguagem. Conforme Behar (2017), "a região do lobo frontal esquerdo dominante que Broca identificou como crucial para articular a fala [...] Wernick e outros começaram a mapear as áreas cerebrais de processamento da linguagem" (p. 695). Além disso, "os elementos anatômicos fundamentais do sistema são a área de Broca, a área de Wernick, o fascículo arqueado (um feixe de axônios que liga as

duas áreas corticais) e o giro angular" (Behar, 2017, p. 702), ressaltando a importância dessas estruturas no desenvolvimento da linguagem e, conseqüentemente, na educação.

A área de Broca, situada no lobo frontal, é responsável pela produção da fala e pela capacidade de expressar verbalmente as ideias. No contexto educacional, essa área é fundamental para o desenvolvimento das habilidades de comunicação oral, permitindo que os educandos formulem e articulem seus pensamentos, participando ativamente de discussões em sala de aula. Já a área de Wernick, localizada no lobo temporal, está ligada à compreensão da linguagem. Sua relevância na educação está no papel que desempenha na compreensão oral e escrita, essencial para a interpretação de informações auditivas e textuais. O fascículo arqueado, que conecta as áreas de Broca e Wernick, possibilita a comunicação eficiente entre a produção e a compreensão da linguagem. Esse processo facilita aos alunos a interpretação e a resposta de maneira fluida às informações, promovendo uma aprendizagem mais integrada e eficaz.

Para desenvolver as competências gerais, especialmente o autoconhecimento e autocuidado (oitava competência geral), as estruturas dos corpos mamilares podem ser relevantes. Essa escolha é justificada pelo fato de que os corpos mamilares estão envolvidos na formação de memórias, principalmente as declarativas, que englobam fatos e eventos. Sua função central é consolidar novas informações e transferi-las para a memória de longo prazo. Como Behar (2017) destaca, "os corpos mamilares recebem informação do fórnice²¹ e contribuem para a regulação da memória" (p. 245).

No contexto educacional e da BNCC, essa relação neuronal é fundamental, uma vez que o aprendizado depende da capacidade de armazenar e recuperar informações. Portanto, o funcionamento adequado dos corpos mamilares é essencial para um processo de ensino-aprendizagem eficaz, reforçando a importância de promover práticas que estimulem a memória e o cuidado com a saúde física e emocional, integrando essas habilidades ao aprendizado.

O sistema límbico exerce um papel central na educação, especialmente ao mediar os aspectos emocionais e motivacionais do aprendizado, que são

²¹ O fórnice (do latim para "arco") é outro feixe de fibras proeminente que conecta o hipocampo de cada lado com o hipotálamo. Alguns dos axônios fórnice participam da regulação do armazenamento da memória (Behar, 2017, p. 226).

fundamentais para o desenvolvimento das competências gerais da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Para desenvolver competências como a terceira e a nona, faz-se necessário considerar o funcionamento do hipocampo, a amígdala e do córtex límbico, localizados no sistema límbico, responsáveis pela regulação de emoções, memórias e comportamentos sociais. "A amígdala costuma ser incluída em um conjunto de estruturas encefálicas conhecido como sistema límbico, ao qual se atribui o controle das emoções e dos processos motivacionais" (Cosenza; Guerra, 2011, p. 77). O hipocampo, por sua vez, "tem um papel crítico em unir a informação sensorial na consolidação da memória" (Behar, 2017, p. 846).

No contexto educacional, o sistema límbico impacta diretamente a forma como os educandos processam e retêm informações, pois regula tanto as emoções quanto as memórias. Ao integrar o conhecimento sobre o sistema límbico, a neuroeducação possibilita o desenvolvimento de práticas pedagógicas que estimulam o aprendizado cognitivo em um ambiente emocionalmente seguro e motivador, o que favorece uma aprendizagem mais significativa.

Compreender o papel do sistema límbico na regulação emocional permite que os educadores criem estratégias pedagógicas que atendam melhor às necessidades emocionais dos educandos. Isso gera um espaço de aprendizagem onde empatia, cooperação e autorregulação são promovidas, contribuindo para a construção de uma educação mais integral.

Aproximando das últimas competências gerais a serem mencionadas, apresentaremos a cultura digital (quinta competência) e a responsabilidade e cidadania (décima competência). Nessas competências, associamos as áreas neurais do núcleo acumens e o córtex cingulado anterior, visto que o córtex cingulado anterior atua no controle da atenção e gerenciamento de conflitos; o núcleo acumens é ativado no se refere ao processo de motivação e recompensa, quando dialogam com as áreas corticais e o ambiente que o sujeito está inserido.

O núcleo acumens e o córtex cingulado anterior desempenham papéis importantes no processo educacional, principalmente em aspectos ligados à motivação, tomada de decisão e regulação emocional, que são fundamentais para o desenvolvimento das competências gerais da BNCC. Essas áreas cerebrais estão diretamente envolvidas com a recompensa e o processamento de erros, o que influencia diretamente o comportamento dos educandos e o seu processo individual de desenvolvimento ensino-aprendizado.

O núcleo acumens, conhecido por sua associação com o circuito de recompensa e motivação, é responsável por gerar sentimentos de prazer e satisfação ao atingir objetivos no campo social, cultural e educacional. Já o córtex cingulado anterior está relacionado ao monitoramento de conflitos, regulação emocional e tomada de decisões, sendo crucial para a autorregulação e a resolução de problemas na sociedade e no âmbito educacional.

Assim sendo, conforme delinea Cosenza e Guerra (2011), a aprendizagem decorre das conexões em nosso cérebro, e que

a aquisição de novos comportamentos, importante objetivo da educação, também resulta de processos que ocorrem no cérebro do aprendiz. As estratégias pedagógicas promovidas pelo processo ensino-aprendizagem, aliadas às experiências de vida às quais o indivíduo é exposto, desencadeiam processos como a neuroplasticidade, modificando a estrutura cerebral de quem aprende. Tais modificações possibilitam o aparecimento de novos comportamentos, adquiridos pelo processo de aprendizagem (p.141-142).

A neurociência tem proporcionado um olhar inovador para os processos de aprendizagem, revelando a complexa interação entre o cérebro e as influências socioculturais. Ao compreender as bases neurobiológicas do desenvolvimento, é possível otimizar as práticas pedagógicas e promover uma educação libertadora e transformadora, que visa um sujeito crítico e ativo na sociedade.

A BNCC, ao integrar os conhecimentos das neurociências, oferece um marco para a construção de currículos que valorizem o desenvolvimento integral do educando. As dez competências gerais do documento norteador, como o pensamento crítico, a criatividade e a capacidade de aprendizagem constante, encontram respaldo nas descobertas dos estudos neurais e corticais sobre a plasticidade cerebral e conexões sinápticas.

A compreensão do funcionamento cerebral é um aspecto crucial que pode enriquecer a prática educacional. Quando os educadores se familiarizam com a organização e as funções do cérebro, bem como com os períodos receptivos de aprendizagem, eles estão mais bem preparados para identificar e aplicar estratégias que promovam o desenvolvimento das habilidades dos educandos no processo de desenvolvimento da aprendizagem (Cosenza; Guerra, 2011). Ao integrar as descobertas das neurociências ao contexto educacional, é possível transformar a

abordagem pedagógica, tornando-a mais significativa para o educando, de acordo com suas experiências.

Todavia, é fundamental ressaltar que a neurociência não oferece respostas prontas para todos os desafios da educação. A aplicação dos conhecimentos neurocientíficos exige uma abordagem cuidadosa e crítica, considerando as especificidades de cada contexto escolar e as diversas teorias pedagógicas. A colaboração entre neurocientistas, educadores e outros profissionais da área é essencial para construir uma educação que promova o desenvolvimento pleno dos estudantes, aliando os avanços da ciência com as necessidades, os valores da sociedade e os objetivos do documento norteador que rege a educação brasileira: a Base Nacional Comum Curricular, a BNCC.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa tem como objetivo geral analisar as articulações das neurociências no desenvolvimento e na aprendizagem do sujeito, com foco nas competências gerais da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Para alcançar esse objetivo, a pesquisa se desdobra em objetivos específicos que são abordados de maneira conclusiva ao longo da dissertação.

Primeiramente, a pesquisa busca relacionar os estudos das neurociências com o processo de aprendizagem do cérebro, explorando como o cérebro humano, através de suas complexas redes neurais e plasticidade. Na busca de compreender como o cérebro aprende, a pesquisa descreve as bases neurobiológicas envolvidas no desenvolvimento das competências gerais da BNCC. Cada competência é analisada em relação às funções cerebrais que a sustentam, como a memória, a atenção, a percepção e as funções executivas. Com isso, detalhamos como essas competências são apoiadas por processos neurobiológicos específicos, enfatizando a necessidade de uma abordagem educacional que promova o desenvolvimento integral do sujeito.

Consideramos a identificação dos princípios das neurociências que se relacionam com a educação na construção das competências gerais da BNCC. A pesquisa destacou a importância de integrar conhecimentos neurocientíficos ao currículo educacional, promovendo práticas pedagógicas baseadas em evidências que considerem tanto os aspectos cognitivos, socioculturais quanto os emocionais da pessoa humana.

Após realizar pesquisas sobre a temática, breves estudos da epigenética à luz da educação, relacionando-os com a BNCC. A epigenética, que estuda como fatores ambientais podem influenciar a expressão gênica sem alterar a sequência do DNA, oferece uma nova perspectiva sobre o desenvolvimento humano. Assim, foram exploradas as contribuições da epigenética para a compreensão do desenvolvimento humano, evidenciando como as experiências educacionais podem influenciar o cérebro em desenvolvimento. Contudo, reconhece-se a necessidade de mais pesquisas nessa área para aprofundar o entendimento das implicações da epigenética para a educação.

Optamos por desenvolver a dissertação por meio de uma pesquisa bibliográfica, utilizando as principais referências no campo das neurociências. Baseamo-nos em obras de autores renomados como Mark F. Behar, César A. Bridi Filho, Fabiana R. de Souza Bridi, António P. Damásio, Leonor B. Guerra, Ramon M. Cosenza, Roberto Lente, Angelo B. M. Machado, Lucia Machado Ha Ertel e Rudimar dos Santos Riesgo, entre outros que contribuem significativamente para os estudos dessa área. A partir da análise desses autores, foi possível evidenciar a relevância dos estudos biológicos em neurociência, destacando a necessidade de um diálogo mais aprofundado

A dissertação explora a integração entre a Neuroeducação e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), ressaltando a importância de incorporar os conhecimentos das neurociências ao currículo educacional brasileiro, com o objetivo de promover uma formação integral dos estudantes em desenvolvimento. Dado que a BNCC atua como um documento orientador, essa integração se torna essencial, já que as neurociências oferecem contribuições significativas para o desenvolvimento cognitivo e socioemocional dos educandos, aspectos fundamentais para uma educação que forma sujeitos críticos e conscientes de seu desenvolvimento e o seu papel na sociedade. Ao estabelecer competências gerais, a BNCC visa não apenas definir conteúdos e conhecimentos, mas também fomentar o desenvolvimento de habilidades e atitudes dos educandos.

No entanto, tanto a BNCC quanto os estudos neurocientíficos adotam uma abordagem potencialmente determinista e tecnicista, buscando padronizar a compreensão do sujeito em desenvolvimento. Diante disso, procuramos ampliar o olhar para além do aspecto fisiológico, destacando a importância do diálogo com as influências do ambiente no desenvolvimento da pessoa humana, tanto no campo curricular, educacional quanto no neurobiológico.

Essa ampliação é fundamental, uma vez que a visão determinista e padronizadora contraria a promoção de um currículo que valorize a diversidade social, cultural e biológica nos contextos educacionais. Dessa forma, buscamos entender a essência do deslocamento conceitual, seus motivos e significados, considerando-o, primeiramente, como um fenômeno histórico; em seguida, como uma mediação de uma totalidade; e, por fim, como um processo contraditório que não está definitivamente determinado ao relacionar fatores sociais, econômicos e

culturais (Ramos, 2002), contudo, é sob essa perspectiva que acreditamos na articulação do tema para o desenvolvimento da pesquisa: desafiador, mas viável.

Destacamos que, embora a BNCC busque promover o desenvolvimento de competências gerais, ela não integra de forma adequada as contribuições das neurociências, sendo notável a ausência da palavra neurociência no documento orientador, exceto em contextos limitados ao conteúdo programático. A pesquisa propõe que as neurociências podem fornecer uma base mais sólida para a formulação dessas competências, especialmente no que tange aos aspectos cognitivos e socioemocionais dos indivíduos. Apesar das relevantes contribuições teóricas das neurociências para a educação, argumentamos que sua inclusão em políticas educacionais, como a BNCC, ainda é insuficiente visto que há pouco diálogo entre neurociência e educação, para além dos transtornos e deficiências o que tornou-se notório na elaboração do estado da arte.

Desse modo, o diálogo mais estreito entre neurociências, neuroeducação e currículo pode resultar em uma educação mais inclusiva, crítica e transformadora, levando em consideração os fatores sociais, econômicos e culturais que influenciam o desenvolvimento neurobiológico de cada indivíduo na sociedade, assim a aplicabilidade das neurociências na educação é o ponto central para possibilitar o reconhecimento da particularidade do desenvolvimento e as influências no circuito cerebral de cada sujeito.

As descobertas da neurociência têm o potencial de contribuir com as práticas pedagógicas, tornando-as mais eficazes e embasadas em evidências científicas. Ao entender como o cérebro processa e retém informações, os educadores podem criar estratégias de ensino que atendam melhor às necessidades individuais dos alunos. Isso possibilita a promoção de um ambiente de aprendizagem mais dinâmico, onde habilidades como pensamento crítico, criatividade e empatia podem ser desenvolvidas de maneira mais eficaz, com base nos princípios neurocientíficos.

Não obstante, frequentemente nos deparamos com uma superficialidade na leitura das contribuições da neurociência, bem como nos benefícios das competências e habilidades presentes na BNCC. O olhar é encortinado por uma névoa de “fetichismo” em torno das neurociências, onde o uso do prefixo “neuro” pode ser visto como uma moda ou estratégia de mercado, sem uma compreensão crítica e aprofundada. Assim, torna-se possível enfatizar a necessidade de desmistificar neuromitos amplamente difundidos no contexto educacional. Além

disso, é possível reconhecer que a implementação das competências da BNCC pode estar alinhada a uma lógica de mercado, o que pode transformar a educação em um campo de disputa política e econômica, em vez de focar no desenvolvimento integral dos estudantes, visto que a BNCC busca estabelecer um conjunto uniforme de competências e habilidades para todos os estudantes do Brasil. Isso pode ignorar as realidades distintas enfrentadas por educandos de diferentes contextos socioeconômicos e culturais.

A busca por uma padronização excessiva, baseada em uma visão determinista da neurociência, pode resultar em currículos que não atendem às especificidades dos diferentes contextos educacionais. Ao interpretar as contribuições das neurociências de forma reducionista, como se o desenvolvimento das competências fosse determinado exclusivamente por fatores biológicos, negligenciam-se as complexas interações entre o biológico e o social. Essa visão simplista pode levar a uma homogeneização das práticas pedagógicas, desconsiderando as diversas experiências e necessidades dos educandos, bem como as especificidades regionais, sociais e culturais em um país continental como o Brasil.

A contribuição da Neuroeducação para a formação docente é um elemento essencial para a melhoria do planejamento pedagógico e da abordagem de ensino. Incluir conhecimentos neurocientíficos nos programas de formação de professores pode capacitar os educadores a implementar de forma mais eficaz as competências previstas pela BNCC. Ao compreender os processos neurobiológicos subjacentes à aprendizagem, os professores podem adaptar suas práticas para melhor atender às necessidades de seus alunos, promovendo um ensino mais personalizado e eficaz.

A Neuroeducação, campo interdisciplinar que integra conhecimentos da neurociência e educação, oferece estudos e evidências científicas valiosas sobre como o cérebro processa, armazena e recupera informações. Esses conhecimentos são fundamentais para a formação docente, pois permitem que os professores compreendam melhor os mecanismos de aprendizagem e desenvolvimento cognitivo do sujeito em desenvolvimento. A inclusão de conteúdos neurocientíficos nos programas de formação docente pode ajudar os professores a identificar e a responder de maneira mais eficaz às dificuldades de aprendizagem, promovendo uma abordagem mais inclusiva e equitativa, além de potencializar a motivação dos educandos, tornando o processo educacional mais significativo. A neuroeducação

também enfatiza a importância de reconhecer as diferenças individuais no processo de aprendizagem. Cada educando possui sua identidade que são influenciadas por fatores genéticos, ambientais e experiências prévias. Ao entender essas variações, os professores podem desenvolver abordagens de ensino diferenciadas, nas perspectivas das evidências científicas que valorize a diversidade e promova a equidade educacional.

Em relação a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelecer competências gerais essenciais que os alunos devem desenvolver ao longo de sua trajetória escolar. Essas competências incluem habilidades cognitivas, socioemocionais e práticas. A neuroeducação pode fornecer aos professores ferramentas e estratégias para promover essas competências de maneira mais eficaz, fomentando as habilidades socioemocionais e cognitivas.

Para que a neuroeducação tenha um impacto significativo na formação docente, é crucial que os programas de formação inicial e continuada incluam módulos específicos sobre neurociência aplicada à educação. Além disso, é importante promover uma cultura de desenvolvimento profissional contínuo, onde os professores possam atualizar seus conhecimentos e práticas com base nas descobertas mais recentes da neurociência, somente assim haverá a real contribuição da neuroeducação no âmbito educacional.

A presente dissertação buscou explorar as articulações entre as neurociências e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), com um foco especial no desenvolvimento das competências gerais propostas pelo documento. Ao longo do estudo, foi possível evidenciar que, apesar das contribuições significativas das neurociências para a compreensão dos processos de aprendizagem e desenvolvimento humano, sua incorporação nas políticas educacionais, como a BNCC, ainda é escassa. A análise revelou que as neurociências podem oferecer uma base sólida para a construção de práticas pedagógicas mais eficazes, promovendo o desenvolvimento cognitivo, emocional e socioemocional dos educandos de maneira mais integral.

Além disso, a pesquisa destacou a importância de desmistificar neuromitos amplamente difundidos, como a ideia de que cada pessoa possui um hemisfério cerebral dominante. Ao confrontarmos essas crenças com evidências científicas sólidas é essencial para promover uma compreensão mais precisa do funcionamento cerebral e, conseqüentemente, contribuir para o desenvolvimento

das competências gerais da BNCC. Almejamos ressaltar a necessidade de uma educação baseada em evidências, que valorize tanto o desenvolvimento biológico quanto social dos sujeitos, promovendo uma abordagem interdisciplinar que considere as dimensões culturais e sociais da educação.

Em suma, a dissertação defende que o diálogo entre neurociências, neuroeducação e currículo é uma via promissora para o desenvolvimento de uma educação mais inclusiva, crítica e transformadora. A incorporação dos conhecimentos neurocientíficos nas práticas pedagógicas pode contribuir significativamente para a formação de sujeitos integrais, capazes de exercer sua cidadania de maneira plena e consciente. Portanto, é fundamental que as políticas educacionais, como a BNCC, avancem na integração dessas áreas de conhecimento, visando uma educação que valorize o desenvolvimento integral dos estudantes.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAMS, Peter. **Atlas descritivo do corpo humano**. Tradução Adílson Monteiro. São Paulo: Rideel, 2009.
- ALVES, Vânia de Fátima Noronha. A construção dos sentidos de corpo na sociedade ocidental. *In*: MIRANDA, Glaura Vasques de; SALGADO, Umbelina. (org.). Projeto Veredas - **Formação Superior de Professores**. Belo Horizonte: SEE/MG, 2004, v. 1, p. 22-52
- APPLE, Michael W. **Ideologia e currículo**. Tradução Vinicius Figueira. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 288 p.
- ARROYO, Miguel G. **Currículo, território em disputa**. 5. ed. Petrópolis (RJ): Vozes, 2013.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 1977.
- BEAR, Mark F. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. Tradução Carla Dalmaz *et al.* 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- BNCC na prática: aprenda tudo sobre as competências gerais. **Nova escola**. Fundação Lemann. s.a.
- BRANDÃO, Amanda dos Santos; CALIATTO, Susana Gakyia. Contribuição na neuroeducação para a prática pedagógica. **Revista Exitus**. v. 9, n. 3, p. 521-547, 2010.
- BRANDÃO, Carlos Rodrigues. **O que é educação**. 12. ed. São Paulo: Brasiliense, 1984. 116 p. (Primeiros passos).
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018.
- BRASIL. MEC. **Para saber mais sobre a Base Nacional Comum Curricular**. Disponível em: <file:///Users/user/Downloads/5-panfleto-para-imprimir-ou-enviar-pdf.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2024.
- BRIDI FILHO, César Augusto; BRIDI, Fabiane Romano de Souza. Sobre o aprender e suas relações: interfaces entre neurologia, psicologia e psicopedagogia. *In*: ROTTA, Newra Tellechea; BRIDI FILHO, César Augusto; BRIDI, Fabiane Romano de Souza. **Neurologia e aprendizagem: abordagem multidisciplinar**. Porto Alegre: Artmed, 2016. 331 p.
- CALABRIA, Pauline Henriques. **Contribuições da neurodidática para o processo de ensino: análises, relações e metodologias**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde,

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde. Porto Alegre (RS), 2021.

CAMPOS, Anna Lucia. Neuroeducación: uniendo las neurociencias y la educación en la búsqueda del desarrollo humano. **La educ@ción**. n. 143, 2010. Disponível em: <http://www.educoea.org/portal/La_Educacion_Digital/laeducacion_143/articles/n_euroeducacion.pdf>. Acesso em: 11 mar 2020.

COCH, Dona. Reflections on Neuroscience in Teacher Education. **Peabody Journal of education**. v. 93, n. 3, p. 309-319, 2018.

COMPREENDENDO o cérebro: rumo a uma nova ciência da aprendizagem. Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE); tradução Eliana Rocha. São Paulo: Editora Senac, 2003.

COSENZA, Ramon M. **Fundamentos de neuroanatomia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 148 p.

COSENZA, Ramon M.; GUERRA, Leonor B. **Neurociência e educação**: como o cérebro aprende. Porto Alegre: Artmed, 2011. 151 p.

CUNHA, Marcos Guimarães de Souza *et al.* **Atlas fotográfico de neuroanatomia humana**. Volta Redonda: FOA, 2023. 52 p.

CURY, Carlos Roberto Jamil. Prefácio. *In*: MELLO, Guiomar Namó de. **Magistério de 1º grau**: das competências técnicas ao compromisso político. 13. ed. São Paulo: Cortez, 2003.

DAMÁSIO, António P. **A estranha ordem das coisas**: as origens biológicas dos sentimentos e da cultura. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2018.

DAMÁSIO, António P. **O erro de Descartes**: emoção, razão e o cérebro humano. Tradução Dora Vicente, Georgina Segurado. 3. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.

ELACQUA, Gregory *et al.* **Educação baseada em evidências**: como saber o que funciona em educação. Brasília: Instituto Alfa e Beto, 2015.

ESTORNILO FILHO, José. **ENDNOTE basic guia de uso**. Disponível em: <http://www.biblioteca.fsp.usp.br/wp-content/uploads/2018/03/EndNote_basic_12.pdf>. Acesso em: 17 mar 2024.

FERRARI, Wallacy. Ivan Mishukov, o garoto que fugiu de casa aos 4 anos de idade - e foi criado por cães. **Aventuras na história**, 26 jun. 2020. Disponível em: <<https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/reportagem/ivan-mishukov-o-garoto-que-fugiu-de-casa-aos-4-anos-de-idade-e-foi-criado-por-caes.phtml>>. Acesso em: 31 maio 2023.

FERREIRA, Aldo Pacheco *et al.* A complexa interação epigenética na predisposição à dependência de drogas: uma revisão sistemática da literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, 2022.

- FIRMINO, Laís Chrystina da Silva; BRAZ, Maria Natália dos Santos. Neurociência: uma revisão bibliográfica de como o cérebro aprende. **Revista multidisciplinar e de psicologia**. v. 14, n. 53, p. 999-1009, dez. 2020.
- FONSECA, Vitor da. **Cognição, neuropsicologia e aprendizagem**: abordagem neuropsicológica e psicopedagógica. 7. ed. Petrópolis (RJ): Vozes, 2015.
- FONTANELLA, Francisco Cock. **O corpo no limiar da subjetividade**. Piracicaba: Ed. Unimep, 1995. 136 p.
- FREIRE, Carlos Eduardo Campos. **Epigenética, biologia e saberes da tradição**: uma ética para as ciências e para a vida. Natal, 2023. 131 p.
- FREIRE, Paulo. **Conscientização**. São Paulo: Cortez, 2016.
- FREIRE, Paulo. **Educação como prática da liberdade**. 38. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2014.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 57. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2014.
- FREIRE, Paulo. **Professora sim, tia não**: cartas a quem ousa ensinar. São Paulo: Editora Olhos d'água, 1997.
- GADOTTI, Moacir. **Boniteza de um sonho**: ensinar-e-aprender com sentido. Novo Hamburgo: Feevale, 2003. 80 p.
- GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa; RICARTE, Ivan Luiz Marques; Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Filosofia da informação**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 57-73, set. 2019/fev. 2020.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 7. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2022.
- GIL, A. C. **Como Fazer Pesquisa Qualitativa**. 7. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2021.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**, 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- GONZÁLEZ, Agustín Ernesto Martínez-; *et al.* Neuroeducation: contributions of neuroscience to curricular competences. **Publicaciones**. v. 48, p. 23-34.
- GROSSI, Márcia Gorett Ribeiro; LOPES, Aline Moraes; COUTO, Pablo Alves. A neurociência na formação de professores: um estudo da realidade brasileira. **Revista da FAEEDBA – Educação e Contemporaneidade**. v. 23, n. 41, p. 27-40, jan./jun. 2014.
- HARDIMAN, Mariale; GREGORY, Emma; RINNE, Luke F.; YARMOLINSKAYA, Julia. Neuroethics, neuroeducation, and classroom teaching: where the brain sciences meet pedagogy. **Neuroethics**. p. 135-143.
- JACOWSKI, Andrea P. *et al.* Desenvolvimento normal no período escolar. In: ESTANISLAU, Gustavo M.; BRESSAN, Rodrigo Affonseca (org.). **Saúde mental na escola**: o que os educadores devem saber. Porto Alegre: Artmed, 2014. 277 p.

JARDIM-MESSEDER, Débora *et al.* **Os cães têm a maioria dos neurônios, embora não o maior cérebro**: troca entre massa corporal e número de neurônios no córtex cerebral de grandes espécies carnívoras. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5733047/>>. Acesso em: 31 maio 2024.

KEPPLE, Daniel R.; ENGELKEN, Rainer; RAJAN, Kanaka. Curriculum learning as a tool to uncover learning principles in the brain. **Published as a conference paper**. 2022.

KOLLER, Sílvia H.; COUTO, Maria Clara P. de Paula; HOHENDORFF, Jean Von (org.). **Manual de produção científica**. Porto Alegre: Penso, 2014.

KRENAK, Ailton. **Ideias para adiar o fim do mundo**. 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2019.

LAVILLE, Christian; DIONNE, Jean. **A construção do saber**: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Porto Alegre: Editora Artmed, 1999. 340 p.

LENT, Roberto. **Cem bilhões de neurônios?**: conceitos fundamentais de neurociência. 2. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2010.

LENT, Roberto. **O cérebro aprendiz**: neuroplasticidade e educação. Rio de Janeiro: Atheneu, 2019.

LÉON, Camila Barbosa Riccardi *et al.* Funções executivas e desempenho escolar em crianças de 6 a 9 anos de idade. **Rev. Psicopedagogia**, p. 113-120, 2013.

LIMA, Ricardo Franco de; FERREIRA, Tais de Lima. Funções executivas. *In*: CIASCA, Sylvania Maria *et al.* **Transtorno de aprendizagem**: neurociência e interdisciplinaridade. Ribeirão Preto (SP): Book Toy, 2015.

LIRA, Bruno Carneiro. **O passo a passo do trabalho científico**. 2. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

MACHADO, Angelo B.M.; HAERTEL, Lucia Machado. **Neuroanatomia funcional**. 3. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2014.

MACHADO, Conceição R. S. Tecido Nervoso. *In*: MACHADO, Angelo B.M.; HAERTEL, Lucia Machado. **Neuroanatomia funcional**. 3. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2014.

MAGALHÃES-BARBOSA, Maria Clara de; PRATA-BARBOSA, Arnaldo; CUNHA, Antonio José Ledo Alves da. Estresse tóxico, epigenética e desenvolvimento infantil. **Jornal de Pediatria**, p. S13-S18, 2022.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**: métodos científicos, técnicas de pesquisa, elaboração de referências bibliográficas. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

- MATURANA, Humberto R.; VARELA, Francisco J. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**. Tradução Humberto Mariotti e Lua Diskin. São Paulo: Palas Athena, 2001. 288 p.
- MELLO, Guiomar Namó de. **Magistério de 1º grau: da competência técnica ao compromisso político**. 13. ed. São Paulo: Cortez, 2003.
- MERLEAU-PONTY, Maurice. A dúvida de Cézanne. *In: Os Pensadores*. São Paulo: Abril Cultural, 1980.
- MERLEAU-PONTY, Maurice. **Fenomenologia da percepção**. Tradução Carlos Alberto Ribeiro de Moura. 5. ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2018. (Biblioteca do pensamento moderno).
- MERLEAU-PONTY, Maurice. **O olho e o espírito**. Tradução Gerardo Dantas Barretto. Rio de Janeiro: Grifo Edições, 1969.
- MERLEAU-PONTY, Maurice. **O visível e o invisível**. 4. ed. São Paulo: Perspectiva, 2000. 271 p.
- MIGLIORI, Regina. **Neurociências e educação**. São Paulo: Brasil sustentável editora, 2013.
- MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 34. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2015. E-book. (Coleção Temas Sociais).
- MOREIRA, Marco Antonio. A epistemologia de Maturana. **Ciência e Educação**, v. 10, n. 3, p. 597-606, 2004.
- MOREIRA, Pedro Henrique de Oliveira; ROCHA, Victor Hugo Nascimento. **Rede neural convolucional e recursiva para estimação de profundidade de objetos em vídeos**. Trabalho de formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos. São Paulo, 2018. 71 p.
- MULLER, Henrique Reichmann; PRADO, Karin Braun. Epigenética: um novo campo da genética. **RUBS**, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 61-69, set./dez. 2008
- NAZARI, Evelise Maria; MÜLLER, Yara Maria Rauh. **Embriologia humana**. Florianópolis: Biologia/EAD/UFSC, 2011. 170 p.
- OHLWEILER, Lygia. Fisiologia e neuroquímica da aprendizagem. *In: Rotta, Newra Tellechea; OHLWEILER, Lygia; RIESGO, Rudimar dos Santos (org.). Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 496 p.
- OLIVEIRA, Marcelo. **Neurônios**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/sistema-nervoso/neuronios/>>. Acesso em: 24 set. 2024.
- OLIVEIRA, Marta Kohl de; REGO, Teresa Cristina. Contribuições da perspectiva histórico-cultural de Lúria para a pesquisa contemporânea. **Educação e Pesquisa**.

v.36, n. especial, p. 107-121, 2010. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/ep/v36nspe/v36nspea09.pdf>>. Acesso em: 16 mar 2020.

OLIVEIRA, Silvio Luiz de. **Tratamento de metodologia científica**: projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses. São Paulo: Pioneira, 1997.

ORTEGA, Francisco. **O corpo incerto**: corporeidade, tecnologias médicas e cultura contemporânea. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. 256 p.

PEREZ, Tereza (org.). **BNCC**: a base nacional comum curricular na prática da gestão escolar e pedagógica. São Paulo: Editora Moderna, 2018.

RAMOS, Marise Nogueira. **A pedagogia das competências**: autonomia ou adaptação? 2. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

RELVAS, Marta Pires. **Neurociências e transtornos de aprendizagem**: as múltiplas eficiências para uma educação inclusiva. 6. ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2015. 144 p.

RIBEIRO, Márden de Pádua. **O "currículo" na pedagogia**: uma análise crítica da disciplina de Currículo nos cursos de Pedagogia. Dissertação (Mestrado). Belo Horizonte, 2016. 289 p.

RIESGO, Rudimar dos Santos. Anatomia da aprendizagem. *In*: ROTTA, Newra Tellechea; OHLWEILER, Lygia; RIESGO, Rudimar dos Santos (org.). **Transtornos da aprendizagem**: abordagem neurobiológica e multidisciplinar. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 496 p.

ROMANOWSKI, Joana Paulin; ENS, Romilda Teodora. As pesquisas denominadas do tipo "estado da arte" em educação. **Diálogo Educ.** Curitiba, v. 6, n. 19, p. 37-50, set./dez. 2006.

ROSA, João Guimarães. **Primeiras estórias**. Editora Nova Fronteira, 1962.

ROTTA, Newra Tellechea. Plasticidade cerebral e aprendizagem. OHLWEILER, Lygia. Fisiologia e neuroquímica da aprendizagem. *In*: ROTTA, Newra Tellechea; OHLWEILER, Lygia; RIESGO, Rudimar dos Santos (org.). **Transtornos da aprendizagem**: abordagem neurobiológica e multidisciplinar. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 496 p.

ROTTA, Newra Tellechea; BRIDI FILHO, César Augusto; BRIDI, Fabiane Romano de Souza (org.). **Plasticidade cerebral e aprendizagem**: abordagem multidisciplinar. Porto Alegre: Artmed, 2018. 320 p.

ROTTA, Newra Tellechea; BRIDI FILHO, César Augusto; BRIDI, Fabiane Romano de Souza (org.). **Neurologia e aprendizagem**: abordagem multidisciplinar. Porto Alegre: Artmed, 2016. 331 p.

ROTTA, Newra Tellechea; OHLWEILER, Lygia; RIESGO, Rudimar dos Santos (org.). **Transtornos da aprendizagem**: abordagem neurobiológica e multidisciplinar. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 496 p.

SAMPAIO, Rafael Cardoso. **Análise de conteúdo categorial**: manual de aplicação. Brasília: Enap, 2021. 155 p.

SANTOS, Jackeline Joyce de Santana; SELLA, Ana Carolina; RIBEIRO, Daniela Mendonça. Delineamentos intrassujeitos na avaliação de práticas psicoeducacionais baseadas em evidência. **Psicologia em estudo**, v. 24, p. 1-17, 2019.

SCHOPENHAUER, Arthur; CARVALHO, Olavo de. **Como vencer um debate sem precisar ter razão**: em 38 estratégias. Rio de Janeiro: Topbooks, 1997. 258 p.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez, 2016.

SILVA, Ana Tereza Vital. **Roda de conversa como metodologia para partilha de saberes**. Dissertação (Mestrado Profissional). Ouro Preto, MG, 2020. 132 p.

SILVA, Gláucia; DUARTE, Luiz Fernando Dias. Epigênese e epigenética: as muitas vidas do vitalismo ocidental. **Horizontes antropológicos**. ano 22, n. 46, p. 425-453, 2016.

SILVA, Tomaz Tadeu da. **O currículo como fetiche**: a poética e a política do texto curricular. Belo Horizonte: Autêntica, 2010. 120 p.

SOUSA, Anne Madeliny O. P. de; ALVES, Ricardo Rilton Nogueira. A neurociência na formação dos educadores e sua contribuição no processo de aprendizagem. **Rev. Psicopedagogia**, v. 34, n. 105, p. 320-331. Disponível em: <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/psicoped/v34n105/09.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

SOUZA, Maria Eduarda; OLIVEIRA, Julia Vitória de; FABIANO, Queren Rosa de Santa Anna. Não somos reféns da nossa genética: epigenética no controle da expressão gênica mecanismos envolvidos com algumas doenças. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 11398-11953, may/jun., 2023.

TABAQUIM, Maria de Lourdes Merighi. Motivação. *In*: CIASCA, Sylvia Maria *et al.* **Transtorno de aprendizagem**: neurociência e interdisciplinaridade. Ribeirão Preto (SP): Book Toy, 2015.

TABAQUIM, Maria de Lourdes Merighi; RODRIGUES, Sônia das Dores. Memória e aprendizagem. *In*: CIASCA, Sylvia Maria *et al.* **Transtorno de aprendizagem**: neurociência e interdisciplinaridade. Ribeirão Preto (SP): Book Toy, 2015.

THOMAS, Gary. Introdução: evidências e práticas. *In*: THOMAS, Gary; PRING, Richard. **Educação baseada em evidências**: a utilização dos achados científicos para a qualificação da prática pedagógica. Tradução Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artmed, 2007. 256 p.

TOKUHAMA-ESPINOSA, Tracey Noel. **The scientifically substantiated art of teaching**: a study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science). Dissertation presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. Capella University, Minneapolis, Minnesota (USA), June 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Tracey_Tokuhama-Espinosa/publication/36710>

[537_The_Scientifically_Substantiated_Art_of_Teaching_A_study_in_the_development_of_standards_in_the_new_academic_field_of_neuroeducation_mind_brain_and_education_science/links/0f317531cec87cbb2d000000/The-Scientifically-Substantiated-Art-of-Teaching-A-study-in-the-development-of-standards-in-the-new-academic-field-of-neuroeducation-mind-brain-and-education-science.pdf](https://www.ime.usp.br/~galves/cursos/introducao_a_neurociencia_numec.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2022.

VARGAS, Cláudia. **Introdução à biologia do neurônio**. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~galves/cursos/introducao_a_neurociencia_numec.pdf>. Acesso em: 24 set. 2024.

VIEIRA, Eduardo Paiva de Pontes. Neurociências, cognição e educação: limites e possibilidades na formação de professores. **Revista Práxis**. v. 4, n. 8, p. 31-38, 2012.

WARSCHAUER, C. **Rodas em rede**: oportunidades formativas na escola e fora dela. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2017.

YIN, Robert K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. Tradução: Daniel Bueno. Porto Alegre: Penso, 2016. [recurso eletrônico].

ZIMMERMANN, Ana Cristina. TORRIANI-PASIN, Camila. Filosofia e neurociência: entre certezas e dúvidas. **Rev. bras. Educ. Fís. Esporte**. São Paulo, v. 25, n. 4, p. 731-42, out./dez. 2011.