

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Campus Duque de Caxias Professor Geraldo Cidade

**DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO INVESTIGATIVO SOBRE
EVOLUÇÃO DO CÉREBRO HUMANO NO ENSINO MÉDIO**

NATAN TEIXEIRA TULER

**Duque de Caxias
2019**

NATAN TEIXEIRA TULER

**DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO INVESTIGATIVO SOBRE
EVOLUÇÃO DO CÉREBRO HUMANO NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO, do Campus Duque de Caxias Professor Geraldo Cidade, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientador: Prof. Dr. Filipe Cavalcanti da Silva-Porto

Coorientador: Dr. Maurício Roberto Motta Pinto da Luz

Duque de Caxias

2019

Tuler, Natan Teixeira.

Desenvolvimento de um jogo investigativo sobre evolução do cérebro humano no Ensino Médio/ Natan Teixeira Tuler. - Rio de Janeiro: UFRJ / Rede Nacional ProfBio, Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, 2019.

86 f.: il.; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Filipe Cavalcanti da Silva-Porto.

Coorientador: Dr. Maurício Roberto Motta Pinto da Luz.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal do Rio de Janeiro / Rede Nacional ProfBio, Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, 2019.

Referências Bibliográficas: f. 57-64.

1. Evolução do Cérebro Humano. 2. Evolução da Nutrição Humana. 3. Ensino de Biologia. 4. Jogos Investigativos. 5. Jogos de Tabuleiro. - Dissertação. I. Silva-Porto, Filipe Cavalcanti da. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rede Nacional ProfBio, Mestrado Profissional em Ensino de Biologia. III. Título.

Relato do Mestrando

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro

Mestrando: Natan Teixeira Tuler

Título do TCM: Desenvolvimento de um jogo investigativo sobre evolução do cérebro humano no Ensino Médio

Data da defesa: 30 de julho de 2019

A experiência com o mestrado profissional foi prazerosa, desafiadora e recompensadora. Buscar conhecimento e renovar-se deve ser um hábito do professor do Ensino Médio, uma vez que a atualização do jovem possui um ritmo cada vez mais acelerado e multitarefas, fazendo-o se sentir entediado com a inércia. Neste sentido, conviver com outros colegas de profissão por dois anos, ao longo do Mestrado, possibilitou uma enorme troca de informações e ideias, além do contato com novos conhecimentos desenvolvidos nas diversas áreas da Biologia, ocasionando, assim, uma prática docente mais interessante e atual.

Voltar ao meio acadêmico era um desejo desde que saí da faculdade, mas a necessidade de trabalhar adiou este sonho. Ao conhecer o PROFBIO e sua proposta, pude voltar a sonhar em continuar os estudos e a oportunidade de cursar o Mestrado se tornou realidade. Foi difícil em muitos momentos, pois conciliar a rotina de professor da rede pública e particular, a vida pessoal e o mestrado requerem muita organização, empenho e apoio. Graças ao Mestrado Profissional exclusivo para professores, o PROFBIO, que não exige dedicação exclusiva, permite a harmonia entre trabalho e estudo e a CAPES, que auxiliou com uma bolsa de estudos, é que pude realizar este sonho e por esses sou muito grato. Por isso, é interessante dar continuidade a este programa e se possível ampliá-lo, para que mais professores da educação básica tenham a possibilidade de buscar seu crescimento acadêmico.

O Mestrado influenciou de forma positiva em minha reflexão sobre a prática docente, pois os conteúdos trabalhados e a abordagem investigativa trouxeram uma nova forma de repensar a minha metodologia no ensino da Biologia. Além disso, ser um professor-estudante reflete no aprendizado dos alunos, pois eles percebem através do exemplo de seu docente, a importância de estudar e se renovar, percebendo que o conhecimento proporciona uma imensa satisfação pessoal.

O Mestrado Profissional foi uma recarga em minhas energias e um estímulo a acreditar que é possível ensinar de forma contagiante, por mais acelerado que seja o ritmo do jovem. Um professor que se sente entusiasmado com as novas oportunidades de aprendizado incentiva seus alunos a também ter este prazer pelo saber. Isso certamente possibilita uma melhora gigante no ensino básico do país. Sonho com a oportunidade de que este programa atinja mais professores e que possa, em breve, oferecer uma continuação a nível de Doutorado. Muito obrigado ao PROFBIO, a CAPES e a todos que contribuíram para que isso fosse possível.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, pois tudo o que sou, creio e aprendo sobre a Biologia me leva a, cada vez mais, entender e admirar a beleza da Sua criação.

A minha amada esposa Monique, que me apoia e todos os dias me faz sentir a pessoa mais amada do mundo. Jamais conseguiria isso sem você ao meu lado. Agradeço todos os dias à Deus por ter você comigo.

A meus pais e familiares (em especial minha tia Nilda), que sempre desejaram me ver alcançar voos cada vez mais altos e sempre fizeram de tudo para me apoiar, seja abrindo suas portas ou até mesmo financeiramente, muito obrigado por tudo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Filipe Cavalcanti da Silva-Porto, pelo apoio, ensinamentos, pelo acompanhamento competente durante todo o processo de construção deste trabalho e por se comportar às vezes como um pai, me compreendendo em momentos pessoais difíceis.

Ao meu coorientador, Dr. Maurício Roberto Motta Pinto da Luz, cuja admiração cresce a cada dia, por todas as ideias, ensinamentos, direcionamentos, correções e puxões de orelha que me ajudaram a avançar na construção deste trabalho.

A todos os professores, coordenadores e funcionários da UFRJ envolvidos com o curso de mestrado profissional em Ensino de Biologia, pelo convívio, apoio e contribuição em minha vida acadêmica, especialmente à Carol e à Cris.

A todos os colegas de turma, que tanto contribuíram para enriquecer nossas aulas com suas experiências e em especial àqueles que criaram uma grande amizade: Maria Angélica, João Henrique, Daniel e Andreia, que tantas vezes me apoiaram, ensinaram, distraíram, ajudaram e não me deixaram desistir. Graças à Deus por colocar vocês em minha vida.

Aos meus amigos mais antigos que me ajudaram a respirar um pouco entre uma semana mais cansativa e outra.

À direção do Colégio Estadual Cândido Portinari e da Escola Municipal Tereza Pinheiro de Almeida, sempre disponíveis, apoiando, compreendendo minhas necessidades e limitações.

À direção dos Colégios Centro Educacional de Itaipava e Alaor por todo o apoio e incentivo.

Aos meus alunos, motivo e inspiração para este trabalho.

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para esse projeto ser concluído.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pela bolsa de mestrado oferecida que tanto me ajudou. Obrigado por acreditar no potencial das pessoas.

**Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia
- PROFBIO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ

CAMPUS DUQUE DE CAXIAS

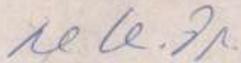
"Desenvolvimento de um jogo investigativo sobre evolução do cérebro humano no ensino médio"

NATAN TEIXEIRA TULER

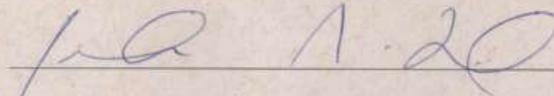
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO VISANDO A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL - PROFBIO

Duque de Caxias, 30 de Julho de 2019.

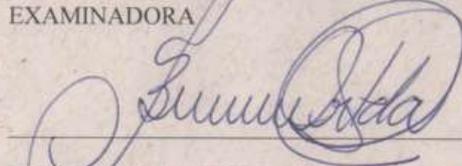
APROVADO POR:



DR. FILIPE CAVALCANTI DA SILVA-PORTO (DOUTOR - UFRJ)
ORIENTADOR E EXAMINADOR



DR.^a CAROLINA NASCIMENTO SPIEGEL (DOUTORA - UFF)
EXAMINADORA



DR.^a BLANCA ORTIZ DA SILVA (DOUTORA - UFRJ)
EXAMINADORA

RESUMO

DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO INVESTIGATIVO SOBRE EVOLUÇÃO DO CÉREBRO HUMANO NO ENSINO MÉDIO

Natan Teixeira Tuler

Orientador: Prof. Dr. Filipe Cavalcanti da Silva-Porto
Coorientador: Dr. Maurício Roberto Motta Pinto da Luz

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - ProfBio, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

O presente trabalho apresenta um jogo de tabuleiro investigativo destinado a alunos do ensino médio que aborda as mudanças na dieta que permitiram que os ancestrais da linhagem humana adquirissem as calorias necessárias para sustentar um cérebro cada vez maior, com mais neurônios que consomem muita energia. Essa questão vem sendo debatida entre os pesquisadores da Biologia Evolutiva e da Fisiologia Humana e pelo menos três fatores se mostram consensuais na literatura. Ao longo da trajetória evolutiva, a dieta humana passou a incorporar mais carne, os alimentos de um modo geral passaram a ser processados por ferramentas e pelo cozimento. O jogo investigativo elaborado neste TCM foi chamado de “Neurônios têm fome de Q?”, e foi desenvolvido nos moldes dos jogos “Célula Adentro” e “Fome de Q?”, já amplamente testados entre alunos da educação básica. Ambos são jogos de tabuleiro em que os alunos cooperam para resolver uma situação problema. Essa iniciativa poderá ajudar professores a ensinar um aspecto da evolução humana que pode ser usada em diversos contextos do ensino de Biologia. Além disso, por usarmos uma estratégia investigativa e participativa, os alunos são levados a pesar evidências e compreender melhor o papel e os métodos da ciência na formação do conhecimento atual.

Palavras-chave: evolução do cérebro humano, evolução da nutrição humana, ensino de Biologia, jogos investigativos, jogos de tabuleiro.

Duque de Caxias

Julho/2019

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF AN INVESTIGATIVE GAME ON EVOLUTION OF THE HUMAN BRAIN IN HIGH SCHOOL.

Natan Teixeira Tuler

Orientador: Prof. Dr. Filipe Cavalcanti da Silva-Porto
Coorientador: Dr. Maurício Roberto Motta Pinto da Luz

Abstract da Dissertação de Mestrado submetida ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - ProfBio, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

The present study presents an investigative board game for high school students that addresses dietary changes that allowed human ancestry to acquire the calories needed to support a growing brain with more energy-consuming neurons. This question has been debated among researchers of Evolutionary Biology and Human Physiology and at least three factors are consensual in the literature. Throughout the evolutionary trajectory, the human diet began to incorporate more meat, the foods in general were processed by tools and cooking. The investigative game developed in this TCM was called "*Neurônios têm fome de Q?*", and was developed in the molds of the games "*Célula adentro*" and "*Fome de Q?*", already widely tested among students of basic education. Both are board games in which students cooperate to solve a problem situation. This initiative could help teachers teach an aspect of human evolution that can be used in various contexts of biology teaching. In addition, by using a participatory and investigative strategy, students are led to weigh evidence and to better understand the role and methods of science in shaping current knowledge.

Key-words: evolution of the human brain, evolution of human nutrition, Biology teaching, investigative games, board games.

Duque de Caxias

Julho/2019

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama ilustrando as etapas da estratégia cooperativa do Jogo “Fome de Q?”.	23
Figura 2 – A carta-pergunta do jogo NFDQ.....	26
Figura 3 – Tabuleiro do Caso NFDQ.....	28
Figura 4 – Cartas de Pistas, versão para impressão.....	29
Figura 5 – Relação entre as pistas	31
Figura 6 – Pista 1.....	33
Figura 7 – Pista 2.....	35
Figura 8 – Pista 3.....	37
Figura 9 – Pista 4.....	38
Figura 10 – Pista 5.....	40
Figura 11 – Pista 6.....	41
Figura 12 – Pista 7	42
Figura 13 – TGI de herbívoro e carnívoro	43
Figura 14 – Pista 8.....	44
Figura 15 – Pista 9.....	46
Figura 16 – Pista 10.....	47
Figura 17 – Cartas de Sorte ou Azar: número 1	48
Figura 18 – Caderno de anotações NFDQ	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Conteúdo das cartas de Sorte ou Azar.....	49
--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
CAD	Célula Adentro
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
FDQ	Fome de Q?
Fiocruz	Fundação Oswaldo Cruz
Laefib	Laboratório de Avaliação em Ensino e Filosofia das Biociências
NEPA	Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação
NFDQ	Neurônios Têm Fome de Q?
TCM	Trabalho de Conclusão de Mestrado
TGI	Tubo Gastrointestinal
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

LISTA DE ANEXOS

Imagens em tamanhos originais encontram-se aqui. As cartas Pistas e de sorte e azar também se encontram nesta seção.

Anexo I	Carta-Problema
Anexo II	Cartas de Sorte ou Azar
Anexo III	Tabuleiro A4
Anexo IV	Tabuleiro A3
Anexo V	Pistas
Anexo VI	Caderno de Anotações
Anexo VII	Manual de Instruções

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	UM CÉREBRO MUITO CARO	12
1.2.	ENSINO DE EVOLUÇÃO HUMANA E JOGOS INVESTIGATIVOS.....	16
2.	OBJETIVOS	20
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	20
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.	RESULTADOS	24
4.1.	O CASO “NEURÔNIOS TÊM FOME DE Q?”	24
4.1.1.	Carta Problema	24
4.1.2.	O tabuleiro.....	26
4.1.3.	As Cartas de Pistas.....	29
4.1.3.1.	Construção de cada pista	30
4.1.4.	Cartas De Sorte ou Azar.....	48
4.1.5.	Caderno de Anotações.....	49
4.1.6.	Solução completa do caso.....	50
4.2.	MANUAL DE INSTRUÇÕES	52
4.3.	APLICAÇÃO DO JOGO	52
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
6.	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
	CATÁLOGO DE IMAGENS	64
	ANEXO I - Carta-Problema	66
	ANEXO II - Cartas de Sorte ou Azar	68
	ANEXO III - Tabuleiro A4	70
	ANEXO IV - Tabuleiro A3	72
	ANEXO V - Cartas de Pistas	75
	ANEXO VI - Caderno de Anotações	81
	ANEXO VII - Manual de Instruções	84

1. INTRODUÇÃO

O presente TCM apresenta um jogo de tabuleiro que trata de um conteúdo biológico pouco ensinado, ausente dos livros didáticos, mas que julgamos relevante de ser tratado com alunos do ensino médio a partir de uma estratégia investigativa. Dessa forma, dividimos a introdução em duas partes: uma sobre o problema específico da evolução do cérebro humano que pretendemos ensinar e a outra sobre a estratégia didática investigativa desenvolvida e sua relação com o ensino de evolução humana.

1.1. UM CÉREBRO MUITO CARO

A espécie humana desenvolveu como uma de suas principais estratégias de sobrevivência, não a força, como em um gorila, ou mesmo a velocidade como de um guepardo, mas o uso de seu cérebro, capaz de realizar habilidades cognitivas que permitiram nos adaptar a diversos ambientes, inclusive aos mais hostis. Segundo Herculano-Houzel (2009), o cérebro humano possui 86 bilhões de neurônios, o que corresponde a apenas 2% da massa corporal, mas consome de 20 a 25% de todas as calorias do corpo (AIELLO e WHEELER, 1995, HERCULANO-HOUZEL, 2009). Estima-se que o ancestral *Australopithecus afarensis*, que viveu há cerca de 4 milhões de anos, tenha 35 milhões de neurônios (HERCULANO-HOUZEL, 2009) Como sustentar esse acréscimo de neurônios? Ainda hoje convivem hipóteses diferentes que buscam responder essa pergunta.

Durante muitos anos, a transição de uma alimentação vegetariana para uma alimentação carnívora crua foi a resposta mais aceita, mas essa seria uma versão “incompleta” da história alimentar humana (WRANGHAM, 1999, 2010). Há muitas evidências de que a *carne crua* não deve ter sido a única fonte de calorias capaz de responder pelo aumento significativo do cérebro humano.

Humanos atuais são muito sensíveis à intoxicação por excesso de proteínas na dieta, sobretudo se essa ingestão não for acompanhada de quantidades substanciais de gordura. Quando grandes quantidades de proteínas são ingeridas, os níveis de amônia, ureia e aminoácidos tendem a aumentar, colocando o corpo em risco, levando a sintomas como náuseas, dores de cabeça, mudança de humor, fadiga, fraqueza, baixa pressão sanguínea, fome excessiva, diarreia entre outros (MARIGLIANI, 2007).

A falta de carboidratos na dieta ainda pode ser compensada pela ingestão de gorduras específicas que geralmente acompanham a carne e nosso organismo consegue impedir com isso um envenenamento. A ingestão de carne gordurosa fornece energia para comedores de carne, mas a carne magra pode rapidamente tornar-se insalubre se usada como um alimento

único. Durante “períodos de escassez”, a carne deve ser complementada com matéria vegetal como fonte de calorias, especialmente para a reprodução (SPETH, 1989).

Além disso, o músculo mastigatório diminuiu entre os hominíneos¹ desde sua separação do ancestral comum com chimpanzés. Steadman et al. (2004) identificaram uma mutação na cadeia pesada de miosina dos *H. sapiens* atuais associada à redução marcante da musculatura mastigatória. Utilizando técnicas de relógio molecular² de Zuckerkandl e Pauling (1965), eles estimaram que esta mutação tenha ocorrido há cerca de 2,4 milhões de anos atrás, ou seja, antes do aparecimento da forma atual do *Homo sapiens* e de sua migração para fora da África (STEDMAN et al., 2004). Uma redução similar ocorre com a mandíbula e a dentição do *Homo erectus* há 1,9 milhão de anos atrás (LUCAS et al., 2008).

Na mesma linha de raciocínio, Organ et al. (2011), em seu trabalho baseado na análise da taxa global de evolução crânio-dental, afirmam que houve uma grande pressão de seleção envolvendo o processamento de alimentos. Humanos modernos passam 4,7% do dia se alimentando, mas as análises filogenéticas preveem que deveria ser 48%. A discrepância no resultado sugere que houve uma mudança substancial da taxa evolutiva no tempo de alimentação ao longo do ramo humano após a divisão entre humanos e chimpanzés. Dentes de *Homo erectus* sugerem uma redução acentuada no tamanho do molar que é seguida por um declínio gradual no *H. sapiens*. Foi demonstrado nesse mesmo estudo que a redução no tamanho do molar no início do *Homo* (*H. habilis* e *H. rudolfensis*) é explicável apenas pela filogenia e pelo tamanho do corpo. Por outro lado, a mudança no tamanho molar para *H. erectus*, *H. neanderthalensis* e *H. sapiens* não pode ser explicada pela taxa de evolução crânio-dental e tamanho corporal. Juntos, os resultados indicam que algum tipo de processamento dos alimentos permitiu um tempo de alimentação reduzido e selecionou dentes menores e que isso ocorreu não após a evolução do *Homo sapiens*, mas antes ou concomitantemente com a evolução do *H. erectus*, em torno de 1,9 milhões de anos.

No conjunto, essas evidências sugerem que os ancestrais de *Homo sapiens* teriam tido grandes dificuldades em alimentar um cérebro progressivamente maior à custa de uma dieta predominantemente carnívora-crua. Quais são alternativas atuais que completam a hipótese carnívora-crua?

¹ O termo "hominíneo" designa uma subfamília da família Hominidae. Hominíneos são os primatas da linhagem humana após a separação dos ancestrais comuns com os chimpanzés. A família "hominídeo", inclui além dos hominíneos, os grandes antropóides — chimpanzés, bonobos, gorilas e orangotango.

² O conceito de “relógio molecular” foi criado em 1962 por Linus Pauling e Emile Zuckerkandl, onde relaciona o tempo de divergência entre duas espécies com o número de diferenças moleculares medidas entre as sequências de DNA ou proteínas. Quanto mais aparentados geneticamente, menor o tempo de separação entre duas espécies (ZUCKERKANDL e PAULING, 1965).

A mais simples delas se refere ao processamento da carne por ferramentas. Segundo ZINK e LIBERMAN (2016), o uso de ferramentas típicas do paleolítico inferior pode ter diminuído o número de mastigações em 13% e a força mastigatória em 15%. A carne fatiada e socada permite diminuir o tamanho das partículas mastigadas em 41%.

Uma segunda hipótese afirma que a energia necessária para o crescimento do cérebro foi disponibilizada pelo cozimento dos alimentos (WRANGHAM e CONKLIN-BRITAIN, 2003). O cozimento, aqui entendido como qualquer processamento que altera física e quimicamente a estrutura do alimento, diminui o tempo de mastigação, facilita a deglutição e aumenta a digestibilidade dos alimentos, pois permite a gelatinização dos amidos intracelulares vegetais e a desnaturação das proteínas celulares. “Quando aquecidos na presença de água, os grânulos de amido começam a inchar porque as ligações de hidrogênio nos polímeros de glicose se enfraquecem quando expostas ao calor, e isso faz com que a sua apertada estrutura se alargue” (WRANGHAM, 2010). Já a desnaturação acontece quando as ligações internas das proteínas são fragilizadas pela temperatura obtida no cozimento. Com as ligações rompidas, as moléculas se abrem e ocorre uma melhor atuação enzimática, principalmente da tripsina (STRYER, BERG e TYMOCZKO, 2008).

Segundo Aiello e Wheeler (1995), uma dieta que melhora absorção de nutrientes pelo sistema digestório torna desnecessário manter um longo tubo gastrointestinal (TGI). Primatas como gorilas, que comem alimentos de baixa densidade calórica e não processados, precisam comer muito, gastam muita energia para realizar a digestão e dependem de intestinos mais longos. Chimpanzés com dieta mais calórica à base de frutas tem TGI menor do que gorilas (CHIVERS e HLADIK, 1980). Com um menor TGI, mais nutrientes e energia puderam ser redirecionados para a manutenção de mais neurônios. Em outras palavras, o custo energético de um cérebro maior na espécie humana foi compensado por uma redução nas taxas de massa específica e metabólicas do tubo TGI, o que ficou conhecido como **hipótese do tecido custoso**. Isso só pôde ser possível porque a nossa dieta tornou-se mais calórica, mais facilmente absorvível e de mais fácil mastigação.

Mas o cozimento e o uso de ferramentas deixaram rastros? O uso de ferramentas para processar carne pode ter sido usado pela primeira vez há mais de 2 milhões de anos, segundo os resultados arqueológicos do sítio em Gona, Etiópia. Registros mais recentes, entre 1,5 e 2 milhões de anos são bastante conhecidos da literatura científica (DOMÍNGUEZ-RODRIGO et al., 2005).

A data consensual mais antiga do uso de fogo para o cozimento por aquecimento é de 1 milhão de anos. Partes de ossos queimados de animais e ferramentas de pedra que parecem

ser ainda mais antigas foram encontrados em camadas de sedimentos na Caverna Wonderwerk, na região norte-central da África do Sul, onde escavações anteriores mostraram um registro significativo de ocupação humana. Arqueólogos descobriram cinzas bem preservadas de material vegetal e fragmentos de ossos queimados depositados em superfícies discretas e misturadas com sedimento na caverna, sugerindo fogueiras pequenas em locais próximos à entrada. Alguns fragmentos apontam para evidências de uma descoloração da superfície, algo que é típico de uma queima controlada e não de um incêndio florestal ou qualquer outro evento natural (BAMFORD e THACKERAY, 2009).

Registros mais antigos de cozimento ainda são motivo de debate entre especialistas. O uso do fogo, há 1,8 milhão de anos é sugerido por BERNA et al. (2012), o que coincide com a transição de *Homo habilis* para *H. erectus*, período de maior aumento percentual do crânio ao longo da evolução humana, maior redução da dentição e da caixa torácica que passou a abrigar um menor TGI (WRANGHAM, 2010). Entretanto não há provas suficientes que embasem esta hipótese, apenas algumas suspeitas de uso de fogo controlado, mas que poderiam ser fruto apenas do acaso.

Cornélio et al., (2016) criticam a hipótese do cozimento justamente por que as evidências consensuais mais antigas de manuseio do fogo e do cozimento (1 milhão de anos atrás) não correspondem ao período de maior crescimento do cérebro. Além disso, experimentos com ratos sugerem que o ganho calórico com alimento cozido comparado ao alimento cru não é significativo (CORNÉLIO et al., 2016).

Já para Pasquet e Hladick (2005), o consumo de carne não seria tão essencial para o desenvolvimento do cérebro. Segundo estudos que seguem abordagens diferentes, como comparando a dieta de primatas com a de outros mamíferos (KAY e HYLANDER, 1978; WHITEN e WIDDOWSON, 1992), análise da composição isotópica de ossos e dentes de homínídeos fósseis (AMBROSE e DE NIRO, 1986), paleoambientes (BUNN e KROLL 1986), e estudos sobre caçadores-coletores contemporâneos (HILL, 1982, O'CONNELL et al., 1988; KAPLAN et al., 2000), este órgão teria como sua principal fonte energética os carboidratos oriundos de vegetais, enquanto boa parte das proteínas viria de brotos de vegetais, folhas ou, menos frequentemente, de pequenos animais como invertebrados e, mais raramente, pequenos mamíferos. Segundo estudiosos, referenciados a seguir, os homíníneos passaram por três fases distintas de adaptação até chegar na anatomia do intestino atual. A primeira seria após a mudança de clima do Mioceno tardio, onde deixou-se o hábito exclusivamente vegetariano e começou-se a se alimentar cada vez mais de carne, vinda da caça em grupos (ISAAC et al., 1981; GORDON, 1987; COUPLAN, 1997). Na segunda fase,

o modo de vida dos caçadores-coletores e a dieta resultante caracterizaram o período médio-pleistocênico, mas no final do Pleistoceno, durante as eras glaciais, os hominíneos se especializaram na caça de grandes animais (HILL, 1982, O'CONNELL et al., 1988; KAPLAN et al., 2000). A terceira fase, como descrito por Gordon (1987), se caracteriza pelo controle progressivo dos recursos animais e vegetais através da domesticação e cultivo, permitindo que alguns grupos humanos comessem mais matéria vegetal do que em períodos anteriores. Após estas fases, a domesticação dos recursos permitiu que o homem fizesse uso de mais recursos vegetais de maior qualidade nutricional. Uma evidência a favor desta interpretação vem da análise comparativa do tamanho do intestino de diferentes animais, folívoros, frugívoros e onívoros. Segundo Pasquet e Hladick (2005), animais cuja dieta possua alta qualidade nutricional apresentaram uma área de absorção intestinal reduzida, que no caso teria coincido com o grupo dos onívoros. Devido ao alto teor de carboidratos, lipídeos e proteínas de uma dieta baseada em frutos, raízes tuberosas e caules suculentos, não haveria a necessidade de ingestão de carne para que houvesse aumento do volume do cérebro.

Percebemos que a literatura científica não é consensual em relação às mudanças na dieta humana, especialmente no que tange à ordem em que o cozimento ocorreu. No entanto, entendemos que podemos afirmar que ao longo da evolução dos hominíneos três mudanças na dieta foram necessárias para disponibilizar mais energia para o cérebro cada vez maior: a carne, cozimento e as ferramentas. Isso permitiu a evolução de um menor TGI. A economia derivada dessa redução associada a mais nutrientes absorvidos permitiu que mais neurônios pudessem ser alimentados em um cérebro progressivamente maior. Com um cérebro maior e com menos tempo gasto na alimentação, foi possível investir em outras atividades como socialização, que conseqüentemente ajudou no desenvolvimento da linguagem, o que favoreceu a seleção de um cérebro ainda maior.

1.2. ENSINO DE EVOLUÇÃO HUMANA E JOGOS INVESTIGATIVOS

As DCN (Diretrizes Curriculares Nacionais) de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, ressaltam a importância da Evolução como um dos temas estruturantes e propõe incluí-la no currículo escolar como chave para compreensão significativa dos conteúdos da Biologia (BRASIL, 2013). Apesar disso, já foi sugerido que as falhas nas formações de professores (KRASILCHIK, 2005; SOUZA e DORVILLÉ, 2014) e as concepções religiosas de muitos professores que divergem do pensamento científico (SEPULVEDA e EL-HANI, 2004) dificultam o ensino de Evolução.

Alguns pesquisadores defendem que o ensino da evolução humana (ALLES e STEVENSON, 2003; De SILVA, 2004) e do seu comportamento (ROWLAND, 2007) ajudariam no entendimento do processo evolutivo de maneira geral. Apesar disso, a evolução humana ainda é abordada de forma sucinta nos livros didáticos do Ensino Médio (por ex. LOPES e ROSSO, 2011), o que dificulta a construção da identidade humana e a compreensão do nosso papel socioambiental.

Superar tais desafios não é algo simples e requer muito esforço pessoal de cada professor em sala de aula. Segundo Bacon (1979), Almeida (2002) e Alves-Oliveira (2008), é necessário criar um elo que facilite a compreensão de temas trabalhados em sala de aula, valorizando a experimentação, a investigação e uso de metodologias práticas que encorajem as descobertas e explicações de fenômenos, compreensão de suas causas e das leis que os regem e, se possível, vivenciar o que é estudado. Segundo Araújo, Ribeiro e Santos (2012), para a compreensão de um texto ou de uma proposta pelo aluno, é necessária uma resposta ativa deste, concordando, discordando, complementando e aplicando-o. Neste processo de construção do conhecimento, as estratégias investigativas facilitam a aprendizagem do aluno. Atividades de diversos tipos, tais como aulas práticas, estudos dirigidos, atividades interativas em grupos e jogos podem ter caráter investigativo. Não se trata, portanto, de uma estratégia de ensino definida e sim de um tipo de abordagem que pode permear praticamente qualquer estratégia de ensino.

O significado de aprendizado por investigação (ensino investigativo) e mesmo a definição de atividade investigativa variam na literatura nacional e internacional (CHINN & MALHOTRA, 2002; ZION et al., 2004, CARVALHO, 2013). Ainda assim, alguns denominadores comuns podem ser propostos. Diante da ausência de definições consensuais, Carvalho (2013) opta por caracterizar, mais do que definir, o que seriam atividades de ensino investigativo. Segundo ela, estas atividades incluem em geral a proposição, solução e contextualização de um problema pelos alunos, sob diferentes condições de orientação. A autora destaca que

não se espera que os alunos vão pensar e se comportar como cientistas (...) mas criar um ambiente investigativo, no qual possamos ensinar/conduzir os alunos no processo simplificado do trabalho científico, para que possam ir gradativamente ampliando sua cultura científica.

Essa definição destaca a centralidade de um problema a ser resolvido, associada tanto a uma postura ativa dos alunos na construção do conhecimento quanto a uma aproximação com as práticas científicas. Atividades investigativas, portanto, se assemelham, a partir dessa definição ampla, a processos de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), embora esta originalmente se destinasse ao ensino superior e propusesse uma reestruturação do currículo (LOPES et al., 2019). Casos particulares da ABP, como os Casos Investigativos (ver, por exemplo, QUEIROZ e CABRAL, 2015) têm sido utilizados com sucesso na Educação Básica, utilizando desde problemas mais estruturados até aqueles pouco estruturados (ou mais abertos ou fechados, como se também se pode referir aos problemas das atividades investigativas). De fato, Segundo Queiroz e Cabral (2015), “A aplicação do método de estudo de casos, por outro lado, se baseia na aplicação de problemas, no formato de casos investigativos, que pode ocorrer no contexto de uma disciplina, de forma isolada”.

No presente trabalho, desenvolvemos um *Caso* – “Neurônios têm fome de Q?” – para um jogo investigativo denominado “*Fome de Q?*”. Embora não se trate de um Estudo de Caso nos moldes propostos por Herreid (1998) e desenvolvidos amplamente no Brasil pelo grupo de Salette Queiroz (ver por exemplo QUEIROZ e CABRAL, 2015, SÁ e QUEIROZ, 2010), os Casos dos jogos investigativos também se estruturam em torno de um problema. Este problema, porém, é bem estruturado, no sentido de que existe uma resposta correta, e depende da ação investigativa dos alunos para ser resolvido. Esse jogo e o “Célula adentro” foram desenvolvidos pelo mesmo laboratório de pesquisa do Instituto Oswaldo Cruz, e atualmente estão abrigados no site www.colaborabio.com.br. Ambos são jogos de tabuleiro que combinam características da estratégia de solução de problemas e ensino investigativo (SPIEGEL et al. 2008, MELIM, 2009). Esse tipo de jogo é indicado aos alunos da educação básica, pois permite que os alunos sejam mais ativos no processo de ensino aprendizagem, que, por sua vez, pode vir a ser mais prazeroso. Além disso, aguça a curiosidade dos alunos e os coloca em contato com evidências científicas, convidando-os a raciocinar sobre sua pertinência para resolver o caso dado (SPIEGEL et al., 2008). O *Caso* “Neurônios têm fome de Q?” aborda direta e simultaneamente a evolução da nutrição e do sistema nervoso central humano. Essa abordagem integra diferentes aspectos da fisiologia humana a partir de um ponto de vista evolutivo e por causa disso permite que o jogo seja usado alternativamente no contexto da nutrição animal comparada, do sistema nervoso, do sistema esquelético, do metabolismo energético, ou da evolução de forma geral.

O jogo Célula Adentro foi testado junto a mais de 600 alunos da rede privada e pública do ensino fundamental e médio. Em todas as oportunidades, os alunos responderam ao final

do jogo uma pergunta adicional que permitiu avaliar se a questão proposta havia sido compreendida (SPIEGEL et al., 2008). O Jogo “Fome de Q?” já foi testado com amplo sucesso em termos de aprendizado em quatro escolas, por cerca de 500 alunos do Ensino Fundamental (ROSSE, 2015).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Construção do caso “Neurônios têm fome de Q?” que fará parte do jogo investigativo “Fome de Q?”

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar a pergunta e a solução (o gabarito) que constitui o caso “Neurônios têm fome de Q?”.
- Definir as 10 cartas de pistas que vão auxiliar os alunos a responder à pergunta do caso.
- Elaborar o tabuleiro específico para ser usado no caso “Neurônios têm fome de Q?”
- Elaborar as cartas de sorte e azar específicas para o caso “Neurônios têm fome de Q?”.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A descrição a seguir se baseia em trabalhos anteriores de Spiegel et al. (2008) e Rosse (2015), e visa apresentar as características gerais do Jogo para o qual desenvolvemos um caso na presente dissertação.

O jogo “Fome de Q?” (FDQ) é um jogo de tabuleiro de caráter investigativo cujo objetivo é contribuir para que os alunos possam aprender cooperativamente sobre temas relacionados à nutrição humana. No jogo, os alunos têm como objetivo a resolução de um problema, o “Caso”.

Embora a competição seja um caráter intrínseco à maioria dos jogos, inclusive os educativos, os jogos têm sido usados com sucesso no ensino de variados temas de ciências (ver exemplos em MONTEIRO et al. 2003; JOUCOSKI et al., 2011; VICENTINO e SANT’ANA, 2011). Apesar de a competição estar presente também em vários aspectos da vida diária, cada vez espera-se atitudes cooperativas dos cidadãos e profissionais. Estas atitudes incluem a capacidade de trabalhar em grupo, compartilhar informações e resolver problemas complexos em conjunto com outros indivíduos. A escola pode e deve assumir a formação de pessoas comprometidas com valores sociais e os princípios de solidariedade (BARBOSA e JÓFILI, 2004). Embora os relatos sobre jogos cooperativos tenham se originado no ensino de educação física (ver exemplos mais recentes em ORLICK, 2006 e CORREIA, 2006), seu uso em outras disciplinas também ocorre. Jogos cooperativos têm sido construídos e avaliados para o ensino de Biologia, mostrando-se como boas ferramentas no desenvolvimento de habilidades e na construção de conhecimentos (e.g. MONTEIRO et al., 2003; SPIEGEL et al., 2008). Outros tipos de atividades cooperativas têm sido igualmente propostos e avaliados com sucesso no ensino de ciências (MELIM et al. 2015) O Fome de Q foi originalmente concebido para ser jogado em uma estratégia cooperativa, na qual inexistente a competição entre os jogadores.

Até o momento já foram construídos e testados três casos do FDQ. Os casos se baseiam em problemas descritos em pequenos parágrafos que fazem referência a uma literatura científica que os fundamentam. Para solucionar o problema, os alunos jogam o dado e movem os piões para coletar as pistas distribuídas ao longo das diferentes casas, representadas por alimentos no tabuleiro. O tabuleiro do jogo FDQ é representado por uma mesa de piquenique, com casas em destaque representando diferentes refeições ligadas por trilhas. Estas trilhas também contêm casas de sorte ou azar, criadas para contribuir com caráter lúdico do jogo ao estimular que o acaso intervenha no andamento da partida, tornando-a menos previsível e mais atraente. O percurso pelo tabuleiro não tem um fim e o que

estabelece o final do jogo é apresentação da solução do problema ou um limite de tempo previamente definido. A solução é escrita e apresentada ao professor.

Na estratégia cooperativa proposta para o FDQ, são formados grupos de quatro a oito alunos, divididos internamente em duplas. Cada dupla é responsável por movimentar um peão e coletar pistas de maneira independente por 30 minutos. Ao chegar em determinada casa do tabuleiro, o grupo recebe uma carta de pista que fornece uma evidência (informação) que ajuda a resolver o problema. Os conteúdos dessas cartas de Pistas são copiados em blocos de anotações. A carta de pista volta para sua respectiva casa para ser usada pelas demais duplas que participam do jogo. Posteriormente, as duplas se comunicam e durante 20 minutos trocam informações para propor de maneira coletiva e única sua solução para o problema (Figura 1). Analisadas em conjunto, as pistas devem permitir o grupo formado pelas duplas chegarem cooperativamente à solução do problema (SPIEGEL et al., 2008, MELIM, 2009). A divisão interna do grupo durante a coleta garante a interdependência positiva entre os alunos, por meio da divisão de tarefas.

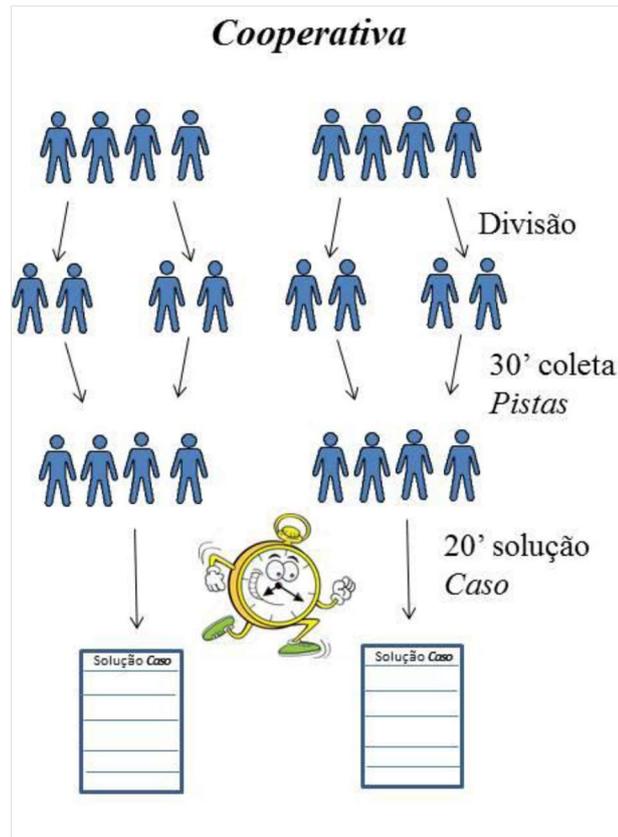


Figura 1: Figura Diagrama ilustrando as etapas da estratégia cooperativa do Jogo “Fome de Q?”

A competição se dá contra o limite de tempo e não entre os grupos, estimulando uma situação de aprendizagem sem interdependência negativa entre grupos. Uma discussão final mediada pelo professor das soluções propostas pelos diferentes grupos assegura o compartilhamento de informações, interpretações e conclusões pelo conjunto da turma.

4. RESULTADOS

Como o objetivo deste TCM é a produção de um jogo didático que permeia os tópicos de Evolução, Sistema Nervoso e Digestório, consideramos que todo o processo de construção até a formatação final de todos os seus componentes (tabuleiro, cartas, manuais, etc.) de modo que possa ser utilizado no ensino, seja o resultado esperado deste trabalho.

4.1. O CASO “NEURÔNIOS TÊM FOME DE Q?”

“Neurônios têm Fome de Q?” (NFDQ) é um Caso do jogo de tabuleiro “Fome de Q?” que desafia os estudantes a solucionarem um problema relacionado ao tema da Evolução do Cérebro Humano. A forma como o caso NFDQ foi elaborado permite que os alunos coletem evidências, as Pistas, e cheguem às suas próprias conclusões para a solução do problema proposto. Ele tem por objetivo, além de ensinar um conteúdo específico, trabalhar as habilidades de análise e síntese de ideias, raciocínio e a capacidade de relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem, como texto discursivo, gráficos, tabelas. Cada “Caso” é composto de uma “Carta Problema”, 10 Cartas de Pistas e uma Solução (“gabarito”). Os elementos inicialmente comuns a todos os Casos de um jogo são o tabuleiro, as 10 Cartas de “Sorte ou Azar”, peões e dados.

4.1.1. Carta Problema

O Caso NFDQ adapta os processos gerais de elaboração de Casos utilizado nos jogos “Célula Adentro” e “Fome de Q”. Em síntese, ambos foram formulados baseando-se na abordagem do aprendizado investigativo na medida em que desafiam os jogadores a resolverem situações problema a partir da análise de evidências adaptadas dos resultados de diferentes trabalhos de pesquisa.

A Carta problema, como seu nome indica, contém um problema a ser solucionado, muitas vezes composto de um texto introdutório que coloca o tema em um contexto compreensível, seguido de uma pergunta ou “desafio” que orientará o trabalho de investigação dos alunos. A elaboração da pergunta buscou simplificar as questões conceituais e os dados factuais apresentados na introdução sobre a evolução do sistema nervoso central humano. Inicialmente pensamos em contrapor a dieta carnívora-crua à hipótese do tecido custoso que coloca o cozimento como principal determinante das calorias extras necessárias ao crescimento do cérebro. Seguindo essa lógica a pergunta do NFDQ se estruturou da seguinte forma:

A tarefa de vocês é desvendar quais foram as principais mudanças que aconteceram no tubo gastrointestinal (TGI) e na alimentação, ao longo da evolução humana, que permitiram que nossos ancestrais pudessem ter energia (calorias) suficientes para sustentar cada vez mais neurônios.

No entanto, percebemos que exigir que os alunos percebessem que o cozimento teria ocorrido antes da introdução de maiores quantidades de carne na dieta, aumentaria a complexidade do jogo. Dessa forma, optamos por expandir a pergunta para os três fatores que a literatura científica mais ampla cita: carne, ferramentas e cozimento sem especificar em que momentos cada um desses fatores pode ter ocorrido ao longo da evolução.

Sendo assim, a versão final da carta-pergunta apresenta o seguinte texto:

A espécie humana possui um ancestral distante comum com os chimpanzés. Nossa linhagem e a dos chimpanzés se separaram há aproximadamente 7 milhões de anos na África. Sabemos pelo registro fóssil que a partir desta separação, várias espécies ancestrais humanas viveram na África. Todas elas se extinguíram e apenas a nossa espécie, *Homo sapiens*, chegou até o presente. Quando observamos os crânios desses fósseis, percebemos que o cérebro do *Homo sapiens* é bem maior do que o de seus ancestrais.

O cérebro da espécie humana (*Homo sapiens*) tem 86 bilhões de neurônios, enquanto o de nosso ancestral *Australopithecus afarensis* que viveu há 4 milhões de anos tinha apenas 35 bilhões. Esse aumento enorme do cérebro acarreta um problema. Neurônios são células que consomem muito mais energia do que as outras células do corpo. Ter mais neurônios exigiu de nossos ancestrais uma alimentação mais rica em energia (mais calórica).

Pergunta: A tarefa de vocês é desvendar quais foram as principais mudanças na alimentação e no modo de vida de nossos ancestrais que permitiram que pudéssemos ter energia (calorias) suficiente para sustentar cérebros cada vez maiores.

Esse texto é acompanhado pela imagem que associa o crescimento do cérebro ao longo da evolução dos hominíneos - apresentada sob a forma de uma filogenia (figura 2):

NEURÔNIOS COME TEM

Um cérebro muito caro!

A espécie humana possui um ancestral distante comum com os chimpanzés. Nossa linhagem e a dos chimpanzés se separaram há aproximadamente 7 milhões de anos na África. Sabemos pelo registro fóssil que a partir desta separação, várias espécies ancestrais humanas viveram na África. Todas elas se extinguíram e apenas a nossa espécie, *Homo sapiens*, chegou até o presente. Quando observamos os crânios desses fósseis, percebemos que o cérebro do *Homo sapiens* é bem maior do que o de seus ancestrais.

O cérebro da espécie humana (*Homo sapiens*) tem 86 bilhões de neurônios, enquanto o de nosso ancestral *Australopithecus afarensis* que viveu há 4 milhões de anos tinha apenas 35 bilhões. Esse aumento enorme do cérebro acarreta um problema. Neurônios são células que consomem muito mais energia do que as outras células do corpo. Ter mais neurônios exigiu de nossos ancestrais uma alimentação mais rica em energia (mais calórica).

CASO: A tarefa de vocês é desvendar quais foram as principais mudanças na alimentação e no modo de vida de nossos ancestrais que permitiram que pudéssemos ter energia (calorias) suficiente para sustentar cérebros cada vez maiores.

Figura 2: a carta-pergunta do jogo NFDQ.

4.1.2. O tabuleiro.

O tabuleiro do jogo FDQ lembra uma mesa de piquenique, com dez “casas” contendo imagens de alimentos e bebidas que são interligadas por diversos trajetos. Esse formato está bem adaptado aos três casos já elaborados do FDQ, que tratam de questões relativas à saúde nutricional contemporânea (principalmente a pandemia de obesidade). Mas para o Caso NFDQ, a presença de comidas e bebidas no tabuleiro poderia dar “dicas” da solução do problema. Além disto, a temática do NFDQ está mais relacionada às transformações ocorridas na linhagem do hominíneos do que ao fenômeno de transição nutricional associada à obesidade. Ou seja, a iconografia do tabuleiro original do FDQ como não contribuiria para a criação de um contexto de imersão dos alunos no tema central do NFDQ.

Dessa forma, o tabuleiro para o Caso NFDQ foi totalmente reelaborado como descreveremos a seguir.

O tabuleiro (Figura 3 e anexo III) tem em cada canto, símbolos que correspondem aos colaboradores do jogo: o Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, A Universidade Federal do Rio de Janeiro, a Fiocruz (instituição a que pertence o Laboratório de Avaliação em Ensino e Filosofia das Biociências – Laefib) e ao patrocínio por meio de bolsa

da CAPES. O percurso por onde passam os peões tem como pano de fundo um encéfalo humano visto pelo lado esquerdo. Seu contorno e preenchimento são feitos por pequenos círculos ligados por uma linha, um conjunto que dá a ideia de conexão entre as células do cérebro. As casas a serem percorridas pelos participantes estão pintadas de azul. Ao longo do percurso estão distribuídas 10 imagens correspondentes às casas das pistas, nas quais a parada é obrigatória para se coletar uma carta de Pista. Assim como no jogo FDQ, a distância entre as casas para a coleta das pistas ou entre estas e as cartas de sorte/azar é a mesma, independentemente de onde o participante iniciar, igualando as possibilidades de se chegar às primeiras casas de pista. Durante o jogo, cada participante pode optar por trajetos diferentes, inclusive com sentidos opostos.

De forma análoga ao tabuleiro dos demais casos do FDQ, o tabuleiro de NFDQ foi construído para que qualquer professor ou profissional interessado possa reproduzi-lo, uma vez que não há interesse financeiro em sua criação, apenas de difusão do conhecimento. Pensando assim, o tabuleiro estará disponibilizado gratuitamente no sítio <http://www.colaborabio.com.br/>. Para facilitar sua impressão, ele foi elaborado em tamanho A3 (proporcional a duas folhas A4) para que possa ser impresso e montado em impressoras domésticas ou de pequeno porte. O esquema para impressão A3 encontra-se no Anexo IV.

4.1.3. As Cartas de Pistas

As pistas foram elaboradas a partir da literatura científica, algumas já citadas na introdução. Cada carta de pista ocupa o espaço de meia folha A4. Ou seja, pode-se imprimir duas pistas por folha ou imprimir uma pista por folha e dobrar a seção em branco de cada carta para trás, conferindo maior durabilidade a cada carta. Pode-se cortar a folha A4 ao meio e em seguida cada carta de pista deve-se dobrada ao meio e colada de forma a possuir uma frente e um verso (figura 4). A parte de trás da carta de Pista (o verso) apresenta o logo do caso NFDQ, a imagem correspondente à respectiva pista no tabuleiro e as instituições participantes. A frente da carta de pista contém o título da Pista, as informações pertinentes e alguma imagem ou tabela a respeito (veja as figuras de cada pista adiante).



Figura 4: Cartas de Pistas, versão para impressão.

4.1.3.1. Construção de cada pista

A construção das pistas passou por várias etapas, iniciando-se com a definição dos principais objetivos de aprendizado de conteúdo a serem alcançados, no caso. Espera-se que os estudantes, após jogarem o NFDQ sejam capazes de:

- Compreender a mudança na dieta de vegetais crus para uma que incluía carne;
- Perceber que atualmente, não temos o sistema digestório e órgãos associados preparados para absorver nutrientes suficientes a partir de uma dieta exclusivamente vegetariana crua; nem de uma exclusivamente carnívora;
- Foi necessário um equilíbrio entre os dois tipos de dieta;
- Associar a descoberta das ferramentas, do fogo e do cozimento e à capacidade de tornar os alimentos ficassem fáceis de mastigar e a absorção dos nutrientes mais, a uma economia de energia para obtê-los e à obtenção de mais calorias por massa de alimento ingerido.
- Perceber que alimentos processados por ferramentas ou cozimento tem seu rendimento calórico aumentado. Isso permitiu uma redução do tubo digestivo e menos tempo gasto na alimentação.

Para atingir esses objetivos, as pistas foram elaboradas de forma a apresentar de maneira clara as evidências científicas que sustentam cada uma destas afirmativas. De acordo com experiência acumulada na construção dos jogos Célula Adentro e nos casos anteriores do jogo FDQ, verbos como “sugerir” e “indicar” e expressões como “provável” que relativizam as conclusões científicas, comuns no texto científico, foram substituídas por expressões mais afirmativas, para evitar que alunos tivessem dúvidas quanto ao sentido da pista.

Na primeira versão das pistas havia uma preocupação de que elas deveriam fornecer aos alunos evidências da ordem temporal em que as principais mudanças na dieta (carne, ferramentas e cozimento) ocorreriam. Mas isso tornava a solução do caso mais complexa. Além disso, não há consenso na literatura a esse respeito e por isso abandonamos esta ideia.

Ao analisar o conjunto das pistas, observamos que algumas delas não estavam suficientemente claras para alunos do ensino médio, enquanto outras explicitavam a solução do caso sem a necessidade de análise de outras evidências. Para garantir a conexão entre as pistas e o estímulo à investigação durante todo o jogo, foram feitas algumas adaptações na versão final das pistas, como se pode ver adiante.

Na figura 5 apresentamos um esquema que relaciona as diversas pistas aos objetivos acima listados.

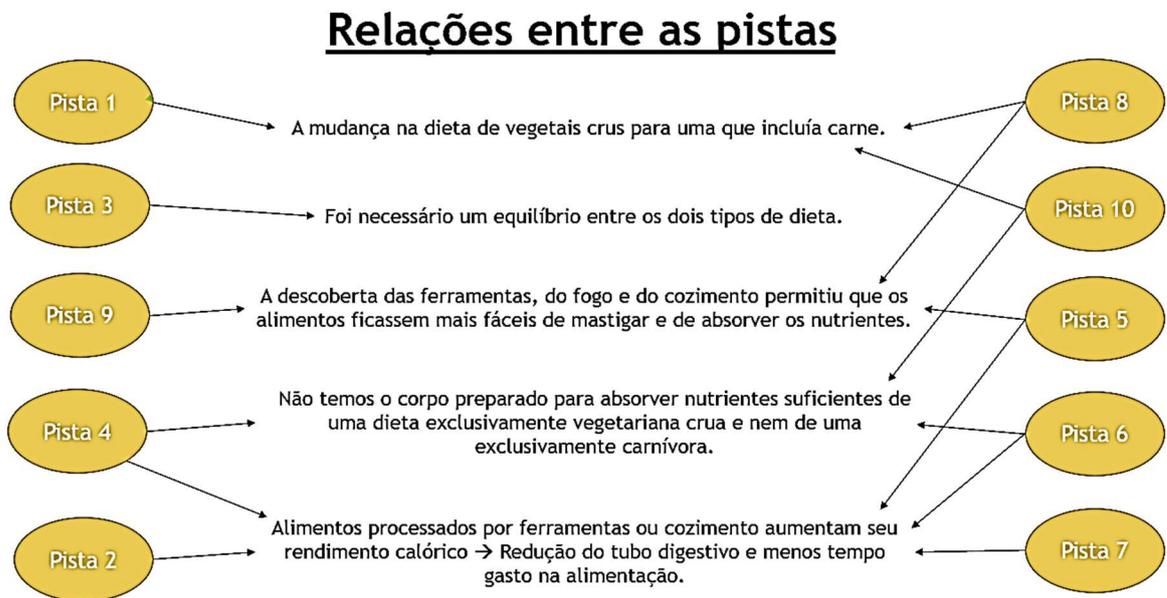


Figura 5: relações entre as pistas

A seguir descrevemos o processo de construção de cada uma das cartas de Pistas.

Pista 1: A Caverna

Esta pista se baseou no trabalho arqueológico desenvolvido por Berna et al., (2012) que indica o uso de fogo para cozimento por *Homo erectus* há um milhão de anos. O texto original desta Pista não mudou, porém houve a necessidade de encontrar imagens melhores. A fim de encontrar tais imagens, realizamos em uma busca na *internet* e encontramos um sítio oficial da caverna de Wonderwerk (<http://www.wonderwerkcave.com/>). O projeto Wonderwerk Cave Research foi iniciado em 2004 por Michael Chazan (Universidade de Toronto), Liora Kolska Horwitz (Universidade Hebraica de Jerusalém) e Naomi Porat (Levantamento Geológico de Israel) e é atualmente uma colaboração com o Departamento de Arqueologia do Museu McGregor, dirigido por David Morris. Diante das possibilidades, optamos por aquelas imagens que mostram os fragmentos de ossos e plantas queimados. O cladograma apresentado no sítio tinha muitos elementos e resolvemos excluí-lo da versão final da pista. A versão final ficou com o seguinte texto:

A caverna de Wonderwerk na África do Sul ficou conhecida pelos arqueólogos a partir de 1940. As escavações realizadas entre 1970 e 1990 mostraram fragmentos e cinzas de plantas, ossos de animais queimados e machados de mão. As datações indicam que esse material tem cerca de 1 milhão de anos.

A partir deste texto e das imagens apresentadas (figura 6) tentou-se enfatizar a presença de ossos e plantas queimadas que indicam um princípio de cozimento.



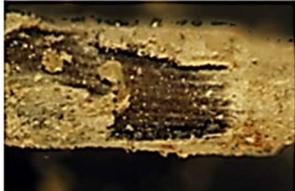




CAVERNA

A caverna de Wonderwerk na África do Sul ficou conhecida pelos arqueólogos a partir de 1940. As escavações realizadas entre 1970 e 1990 mostraram **fragmentos e cinzas de plantas, ossos de animais queimados e machados de mão**. As datações indicam que esse material tem cerca de **1 milhão de anos**.





Pedaços de ossos e plantas queimados.

Figura 6: Pista 1

Pista 2: Ferramentas

Para a construção desta pista, buscamos na literatura o registro/relato de uso mais antigo de ferramentas que poderiam estar relacionadas ao processamento de alimentos (SEMAW, 2000, DOMÍNGUEZ-RODRIGO, M. et al., 2005). O uso de ferramentas para cortar os alimentos diminui o tempo e a energia gastos no forrageamento. Nesta pista não houve diferença entre a primeira versão e a versão final. A versão final ficou com o seguinte texto:

Escavações arqueológicas realizadas ao longo da década de 1990 em uma localidade chamada Gona, na Etiópia, encontraram artefatos de pedra que serviriam para cortar carne. Nesse mesmo sítio foram encontrados ossos de bovinos e equinos com marcas produzidas por essas ferramentas. A datação indica que ambos têm cerca de 2,5 milhões de anos. **Esses são os indícios mais antigos de uso de ferramentas para processamento mecânico de alimentos que se tem notícia até hoje.**

A partir deste texto e das imagens apresentadas (figura 7) tentou-se realçar o uso de ferramentas primitivas que indicam processamento mecânico de carne há 2,5 milhões de anos.





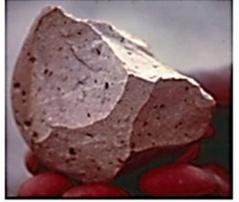


FERRAMENTAS

Escavações arqueológicas realizadas ao longo da década de 1990 em uma localidade chamada Gona, na Etiópia, encontraram artefatos de pedra que serviriam para cortar carne. Nesse mesmo sítio foram encontrados ossos de bovinos e equinos com marcas produzidas por essas ferramentas. A datação indica que ambos têm cerca de 2,5 milhões de anos. **Esses são os indícios mais antigos de uso de ferramentas para processamento mecânico de alimentos que se tem notícia até hoje.**



Marca de ferramenta de pedra em osso no sítio de Gona.



Ferramenta de pedra do sítio em Gona

Figura 7: Pista 2

Pista 3: Ovos

Nesta pista, usamos os dados de absorção e eliminação de proteína de ovos em intestino humano obtidos em estudo de autoria de Evenepoel et al. (1999). O texto original da Pista 3 dizia:

Assim como a carne, ovos são alimentos nutritivos porque são ricos em proteínas e gorduras. Provavelmente os ancestrais humanos evoluíram comendo ovos mesmo antes de domesticar galinhas e patos. Pesquisadores belgas estudaram a absorção e a eliminação das proteínas do ovo no intestino delgado de dez seres humanos saudáveis. Cada um deles comeu 100 gramas de proteína de ovo. O gráfico de pizza mostra os resultados.

Algumas mudanças foram feitas para não confundir o aluno em relação às informações contidas nas cartas e em relação aos gráficos. Retiramos a expressão “provavelmente” pois, como já dissemos, os alunos que não estão normalmente afeitos ao relativismo do texto científico. Estudos iniciais relativos às dificuldades de compreensão dos alunos das diferentes formas de representação de dados numéricos em pistas do FDQ indicaram que as tabelas são as representações de mais difícil compreensão (AZZAM, 2011) Para facilitar e variar a visualização dos dados, retiramos uma tabela da primeira versão e incluímos um gráfico de pizza. A versão final ficou com o seguinte texto:

Ovos são alimentos nutritivos porque são ricos em proteína e gordura, assim como a carne. Os ancestrais humanos comiam ovos mesmo antes de domesticar galinhas e patos. Pesquisadores estudaram a absorção das proteínas do ovo cruas ou cozidas pelo intestino delgado de seres humanos. As proteínas não absorvidas foram eliminadas nas fezes. As figuras abaixo mostram as diferenças na absorção de proteínas após a ingestão e ovos crus ou cozidos.

Acreditamos que esta pista permite aos alunos identificar a diferença de absorção de proteínas do ovo cru em relação ao ovo cozido.

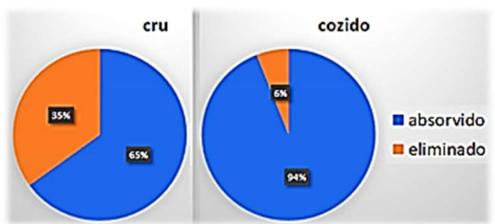






OVOS

Ovos são alimentos nutritivos porque são ricos em proteína e gordura, assim como a carne. Os ancestrais humanos comiam ovos mesmo antes de domesticar galinhas e patos. Pesquisadores estudaram a absorção das proteínas do ovo cruas ou cozidas pelo intestino delgado de seres humanos. As proteínas não absorvidas foram eliminadas nas fezes. As figuras abaixo mostram as diferenças na absorção de proteínas após a ingestão de ovos crus ou cozidos.



Estado do Ovo	Absorvido (%)	Eliminado (%)
cru	65%	35%
cozido	94%	6%

Figura 8: Pista 3

Pista 4: Mandíbula

Nesta pista fizemos uma síntese dos trabalhos de Steadman et al. (2004), Lucas et al. (2008) e Emes et al. (2011) que afirmam que ao longo da evolução humana houve redução da mandíbula, dentes e músculo mastigatório. Entre a versão inicial e a final, acrescentamos setas à figura para facilitar a percepção da redução da mandíbula. A versão final ficou com o seguinte texto:

Os músculos usados na mastigação diminuíram ao longo da evolução humana desde de sua separação do ancestral comum com chimpanzés. Uma redução similar ocorreu com a mandíbula e a dentição, como podemos ver nas setas da figura abaixo.

Acreditamos que com esta pista o aluno possa perceber que a hipótese subjacente a esses dados indica que incorporação de alimentos mais macios deixou de demandar maior quantidade de esforço mastigatório. Com isso, indivíduos com redução dessas estruturas apresentavam maior economia de energia (recursos) sem prejuízos para sua eficiência da nutrição.

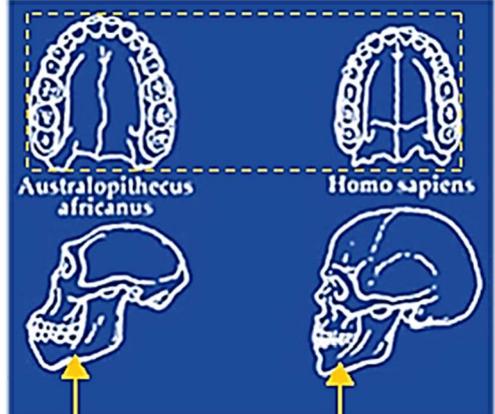






MANDÍBULA

Os músculos usados na mastigação diminuíram ao longo da evolução humana desde de sua separação do ancestral comum com chimpanzés. Uma redução similar ocorreu com a mandíbula e a dentição, como podemos ver nas setas da figura abaixo.



<http://histoblogsu.blogspot.com/2009/10/mandibula-e-denticao-humana.html>

Figura 9: Pista 4

Pista 5: Amido

Esta pista se baseou em informações obtidas no livro “Pegando Fogo” de Richard Wrangham (2010). A versão inicial era muito resumida e não mostrava claramente como a melhor digestão do amido poderia fornecer mais glicose e, portanto, mais calorias:

O cozimento altera física e quimicamente a estrutura do alimento, diminui o tempo de mastigação, facilita a deglutição e aumenta a digestibilidade dos alimentos, pois permite a gelatinização dos amidos intracelulares vegetais e a desnaturação das proteínas celulares.

Diante disso resolvemos explicar detalhadamente a composição do amido e o papel da glicose na geração de energia para a célula, conteúdos comumente abordados no ensino médio. A ideia aqui é permitir que alunos que ainda não tiveram acesso a esse conteúdo (respiração celular e metabolismo energético) ou não o compreenderam adequadamente possam apreender as informações relevantes da pista. Isso permite que o jogo possa ser usado a qualquer momento do ensino médio. Após algumas revisões, a versão final ficou assim:

O amido é um dos principais nutrientes presentes nos vegetais. Cada molécula de amido é formada por uma grande cadeia de moléculas de glicose. A glicose é uma das moléculas usadas pelas células para produzir energia. O amido frio não se dissolve em água pois as cadeias se juntam e formam grandes grãos. É o que acontece quando adicionamos farinha de trigo ou fubá na água fria. Com o aquecimento do amido, esses grãos incham e se rompem, o que torna o amido mais fácil de mastigar e engolir. Além disso, as cadeias de amido aquecido são mais expostas à ação das enzimas digestivas. O cozimento, portanto, facilita a digestão do amido e a absorção da glicose.

O objetivo desta pista é permitir que o aluno compreenda que o aquecimento torna o amido mais fácil de ser mastigado, digerido por enzimas, e que, conseqüentemente, mais glicose seja absorvida, aumentando o valor calórico do alimento.







AMIDO

O amido é um dos principais nutrientes presentes nos vegetais. Cada molécula de amido é formada por uma grande cadeia de moléculas de glicose. A glicose é uma das moléculas usadas pelas células para produzir energia. O amido frio não se dissolve em água pois as cadeias se juntam e formam grandes grãos. É o que acontece quando adicionamos farinha de trigo ou fubá na água fria. Com o aquecimento do amido, esses grãos incham e se rompem, o que torna o amido mais fácil de mastigar e engolir. Além disso, as cadeias de amido aquecido são mais expostas à ação das enzimas digestivas. O cozimento, portanto, facilita a digestão do amido e a absorção da glicose.

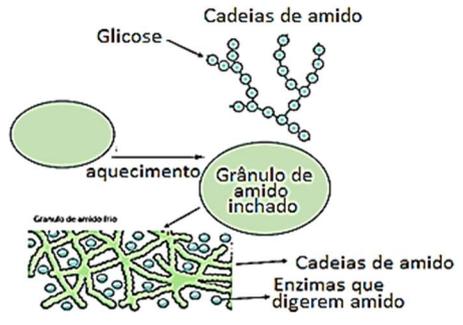


Figura 10: Pista

Pista 6: Gorila

Nesta pista, o objetivo é discutir o tempo investido por primatas na alimentação. Usamos os dados apresentados no livro “A vantagem Humana” Suzana Herculano-Houzel (2017). A versão final difere da versão inicial porque retiramos da final a seguinte frase: “O restante (10% da dieta) é dividido entre insetos, sementes ou outras partes dos vegetais.” Optamos por retirá-la para eliminar qualquer chance de o aluno desviar sua atenção para o que os gorilas comem em vez de focar no maior tempo necessário à alimentação. Sendo assim, a versão final ficou como:

Os gorilas são essencialmente vegetarianos. 90% de sua dieta é constituída de frutos e folhas. Eles precisam gastar as 12 horas em que permanecem acordados buscando e ingerindo esses alimentos.

O objetivo aqui é que o aluno perceba que os gorilas passam a maior parte do tempo buscando alimento. Humanos não precisam de tanto tempo assim e isso provavelmente se deve a diferenças na dieta. Outra conclusão que pode ser tirada se refere ao maior tempo disponível que os humanos passam a ter para atividades como socialização.



NEURONIOS COM FOME

GORILA

Os gorilas são essencialmente vegetarianos. 90% de sua dieta é constituída de frutos e folhas. Eles precisam gastar as 12 horas em que permanecem acordados buscando e ingerindo esses alimentos.

UFRJ PROFBIO FIOCRUZ CAPES

Figura 11: Pista 6

Pista 7: Calorias

Um ponto bastante relevante para o jogo é a respeito da quantidade de calorias que os alimentos liberam. Quando se compara alimentos crus e cozidos, a diferença energética é considerável e essas calorias a mais nos alimentos cozidos são fundamentais para alimentar um número crescente de neurônios. Recorremos à Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (NEPA - Unicamp, 2006) que é composta por centenas de itens. De forma a tornar a leitura dessa pista mais rápida e clara, reduzimos a três o número de itens na versão final da tabela que constitui esta pista.

De forma a apresentar a tabela foi acrescentada a frase: “A tabela a seguir mostra a energia (calorias) disponível de certos alimentos”.

CALORIAS

A tabela a seguir mostra a energia (calorias) disponível de certos alimentos.

Tabela comparativa de calorias por alimento

Alimento	Energia (Kcal)	
	Cru	Assado ou Cozido
Carne, bovina, acém, sem gordura	144	215
Frango, inteiro, sem pele	129	187
Porco, lombo	176	210

Fonte: Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA-UNICAMP, Versão II. 2. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006.

Figura 12: Pista 7

Pista 8: Tubo Gastrointestinal (TGI)

Uma preocupação do início do trabalho era enfatizar a hipótese do tecido-custoso. Porém, diante de sua complexidade, optamos por restringir a ideia principal dessa hipótese a uma das pistas. Nela informamos que animais com dieta mais calórica podem ter TGI menores que outros que comem alimentos de baixa densidade calórica como folhas. Neste sentido, procuramos mostrar que animais estritamente herbívoros tem TGI proporcionalmente muito longo comparado a animais que se alimentam de carne e frutas. O TGI reduzido é característico também de humanos, que processam seus alimentos (FURNESS et al., 2015). Inicialmente pensamos em colocar uma imagem que comparasse o tamanho dos TGI de um herbívoro e de um carnívoro (figura 16) mas, a proporção do TGI em relação ao tamanho do corpo não ficava evidente. Resolvemos então descrever as diferenças entre um TGI e outro junto a fotos dos animais envolvidos.

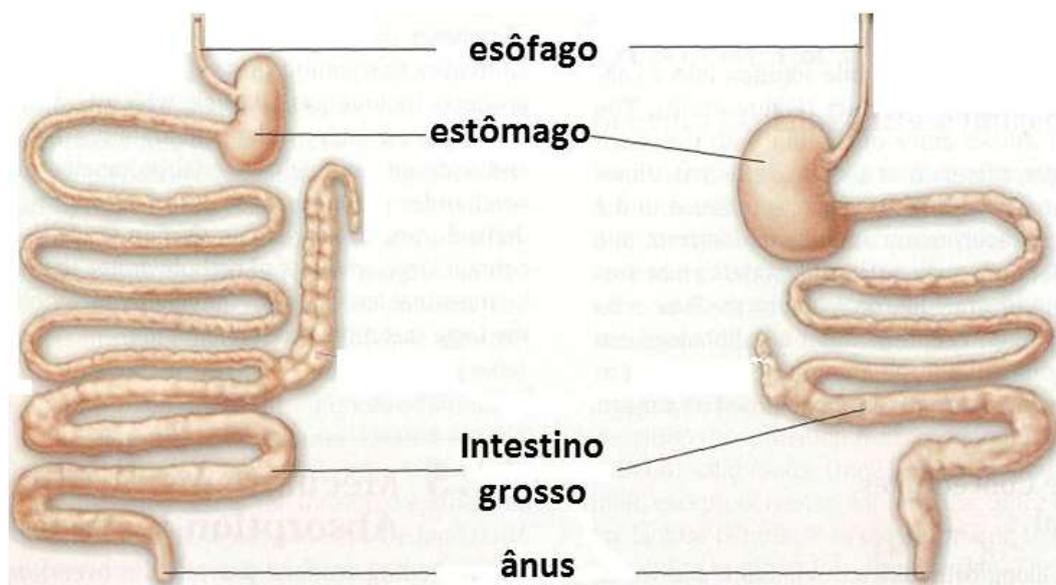


Figura 13: TGI de herbívoro e carnívoro

A versão final ficou sendo a seguinte:

Comparando nosso TGI com os de outros hominídeos, nossos parentes evolutivos mais próximos.

Os orangotangos, primatas exclusivamente herbívoros, têm intestinos proporcionalmente três vezes maiores do que os nossos. Já os chimpanzés, onívoros que ingerem carne apenas ocasionalmente, têm intestinos proporcionalmente pouco maiores do que os nossos.

A partir das ideias apresentadas nas pistas, espera-se que o aluno perceba que animais com dietas mais calóricas possuem TGI menores.

NEURÔNIOS têm

COME







TUBO GASTROINTESTINAL (TGI)

Comparando nosso TGI com os de outros hominídeos, nossos parentes evolutivos mais próximos.

Os orangotangos, primatas exclusivamente herbívoros, têm intestinos proporcionalmente três vezes maiores do que os nossos. Já os chimpanzés, onívoros que ingerem carne apenas ocasionalmente, têm intestinos proporcionalmente pouco maiores do que os nossos.





Figura 14: Pista 8

Pista 9: Crudívoros

Essa pista se baseia nos dados da pesquisa de Rosell et al. (2005) que mostra que uma alimentação exclusivamente crudívora (composta exclusiva ou predominantemente de alimentos crus) pode diminuir a pressão arterial e o colesterol, mas os leva à perda de peso muito rápida e à amenorreia nas mulheres. Inicialmente as informações desta pista e da próxima (Pista Carnívoros) estavam reunidas em uma só. Na redação final, resolvemos desmembrar as duas informações simplificando as Pistas. Além disso, optamos por retirar a menção à amenorreia para evitar que os alunos pudessem desviar o foco da pista ao tratar de problemas reprodutivos.

O texto inicial da pista sofreu algumas alterações. Removemos muitas informações que, apesar de bastante curiosas, não estavam relacionadas ao caso e poderiam mudar o foco do aluno, como por exemplo, uma parte que dizia que mulheres paravam de ovular após certo tempo de dieta crudívora. Assim, a versão final ficou a seguinte:

Crudívoros são pessoas/indivíduos vegetarianos que optam por ingerir exclusivamente alimentos vegetais crus. Em um experimento, voluntários comeram alimentos crus por 12 dias. Foi observada uma redução no colesterol e na pressão sanguínea nessas pessoas. Por outro lado, elas perderam em média 4,4 kg.

Com esta pista, tentamos demonstrar que nossos ancestrais, não poderiam viver unicamente de vegetais crus, já que uma dieta dessas acarretaria a perda significativa de peso, sobretudo a longo prazo.

NEURÔNIOS têm
COMÊ







CRUDÍVOROS

Crudívoros são pessoas vegetarianas que optam por ingerir exclusivamente alimentos vegetais crus. Em um experimento, voluntários comeram alimentos crus por doze dias. Foi observada uma redução no colesterol e na pressão sanguínea nessas pessoas. Por outro lado, elas perderam em média 4,4 kg.



Figura 15: Pista 9

Pista 10: Carnívoros

Nesta pista nos valemos do trabalho de Speth (1989) que relata as dificuldades de uma alimentação baseada exclusivamente em proteínas (carne magra) por seres humanos. Uma dieta exclusiva de proteína, sem agregar carboidratos ou lipídeos, provoca uma série de alterações fisiológicas que levam à morte. Não houve alteração entre a primeira versão e a final dessa pista que ficou assim:

De acordo com os relatos de quem sobreviveu no Ártico, uma alimentação exclusiva de carne magra causa fome constante, distensão do estômago, diarreia e até a morte se for mantida por tempo prolongado. O mal-estar só é revertido se houver ingestão de gordura.

Com esta pista, espera-se que o aluno perceba que comer apenas proteínas (carne magra) não poderia sustentar um cérebro progressivamente maior.

The infographic is divided into two main sections. The left section is a blue rounded rectangle containing a white box with the text 'NEURÔNIOS têm fome?' and a cartoon brain with a question mark. Below this is an image of raw red meat. At the bottom of the left section are logos for UFRJ, PROFBIO (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia), FIOCRUZ, and CAPES. The right section is a white rounded rectangle with a yellow header 'CARNÍVOROS'. It contains the same text as the main body of the document. Below the text is a photograph of a man with a wide-eyed, intense expression eating a large piece of raw red meat.

Figura 16: Pista 10

4.1.4. Cartas De Sorte ou Azar.

Assim como no FDQ, essas cartas possuem a função de dar uma dinâmica maior ao jogo, típicas de jogos de tabuleiro, introduzindo uma componente de casualidade (sorte ou azar) e aumentando as expectativas dos alunos em relação às jogadas. São cartas que fazem o jogador avançar ou recuar casas, ganhar ou perder jogadas, conseguir uma dica com o professor ou ter acesso a uma pista não coletada. Para ter acesso a esta carta, o jogador precisa cair em uma das casas com o símbolo Q (símbolo do jogo - ). Todas as cartas seguem o modelo da Figura 20:



Figura 17: Cartas de Sorte ou Azar: número 1.

As cartas de sorte ou azar foram elaboradas de modo que a impressão de todas possa ser feita em uma única folha de papel A4, que deve ser recortada conforme indicado pelas imagens de tesoura na figura 4 pela linha tracejada. Para finalizar, a carta será dobrada ao meio e colada, formando um quadrado onde, de um lado estará uma mensagem e de outro, o símbolo das cartas de Sorte ou Azar que ficará virado para cima.

No entanto, o contexto do caso NFDQ é bastante diferente dos demais casos do jogo FDQ. Por essa razão, reelaboramos as cartas de sorte e azar incluindo situações relacionadas ao tema central do Caso que não contribuíssem para sua solução. A descrição das cartas de Sorte ou Azar estão na Tabela 11 a seguir, resultando em até 12 situações diferentes, sendo 7 de sorte e 5 de azar:

CAR TA	CONTEÚDO DA CARTA
1	Procurando alimento você foi surpreendido por uma cobra. Volte 3 casas.
2	Seu amigo te presenteou com um banquete. Avance 2 casas.
3	Seus alimentos foram contaminados. Aguarde 2 rodadas.
4	Cérebro pensando mais rápido. Avance 3 casas!
5	Chimpanzés não tiram seus próprios piolhos. Vale uma dica do professor!
6	Trabalhe em grupo e tenha bons resultados! Vale uma ajuda do professor!
7	Você teve uma indigestão! Volte 4 casas!
8	Instinto aguçado, hein... Avance 5 casas!
9	Mesmo o mais forte gorila precisa dormir. Aguarde 2 rodadas!
10	Você encontrou comida estocada numa caverna próxima. Avance 3 casas.
11	Comeu demais e agora não consegue correr. Aguarde 1 rodada!
12	Você encontrou uma fonte de água cristalina. Avance até a próxima pista!

Tabela 1: Conteúdo das cartas de Sorte ou Azar

4.1.5. Caderno de Anotações

Para facilitar a organização das ideias, criou-se, inspirado no jogo FDQ, um caderno para que os alunos anotem as informações referentes às pistas coletadas, estimulando a organização dos grupos participantes. Abaixo, segue uma imagem do caderno de anotações (Figura 21):

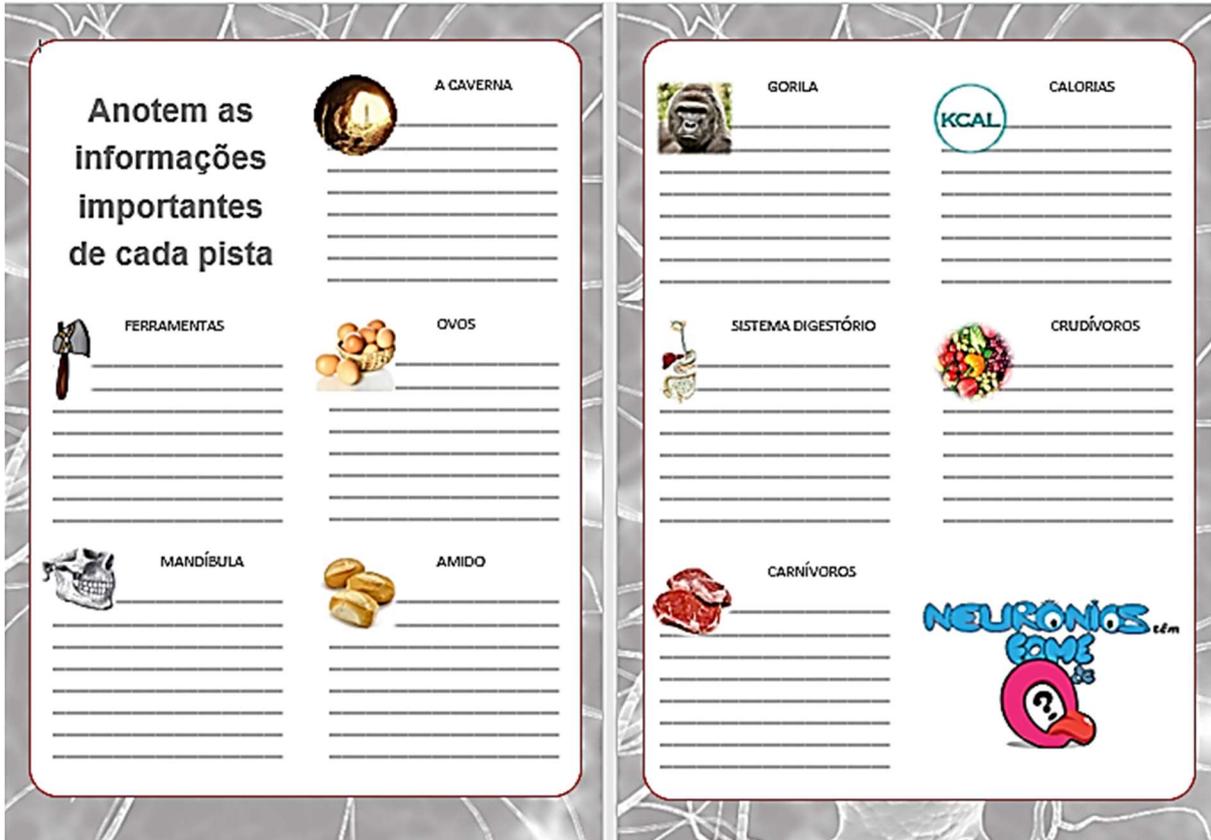


Figura 18: caderno de anotações NFDQ.

4.1.6. Solução completa do caso

Uma possível solução completa para o problema do Caso deve fazer parte dos seus elementos. É a partir dela que os professores e alunos poderão avaliar as propostas feitas por eles e refletir sobre as demais possibilidades de resposta.

Observa-se que há 2,5 milhões de anos já se encontravam utensílios feitos de pedra que serviam para cortar a carne de animais (Pista Ferramentas), o que sugere que esse tipo de alimento era de alguma forma apreciado por nossos ancestrais e processado por ferramentas. Há 1 milhão de anos, foram encontrados cinzas e fragmentos de plantas e ossos queimados em cavernas (Pista Caverna) que apontam para algum tipo de cozimento do alimento. O cozimento e o uso de ferramentas alteram a estrutura do alimento, facilitando sua digestão (Pista Amido) e absorção (Pista Ovos), além de aumentar a quantidade de seu valor calórico (Pista Calorias).

Alimentos vegetais crus não fornecem a energia suficiente de que precisamos (Pista Crudívoros). Uma dieta exclusivamente carnívora pode ser descartada, uma vez que esta

causa intoxicação (Pista Carnívoros) e porque houve uma redução da mandíbula e dos dentes ao longo da evolução hominídea (Pista Mandíbula).

Nos herbívoros, o tempo gasto na alimentação para satisfazer suas necessidades calóricas é maior (Pista Gorila), assim como seu TGI é mais longo comparado aos animais que comem carne e aos humanos que comem comida cozida (Pista TGI). Nosso TGI menor depende de uma dieta caloricamente mais eficiente que foi obtida com a introdução de carne e o processamento dos alimentos feito pelo cozimento e pelas ferramentas (Pistas TGI, Amido e Ferramentas).

Solução esperada do aluno.

Com estas informações podemos concluir que para sustentar o maior número de neurônios adquiridos ao longo da evolução de nosso cérebro, nossos ancestrais adaptaram-se **a uma dieta onívora processada pelo cozimento e pelas ferramentas**, que facilita a absorção dos nutrientes pelo intestino e é capaz de fornecer mais calorias.

Uma solução direta, sem suporte de evidências, foi observada também em relação aos problemas de Casos do Célula Adentro e do Fome de Q (SPIEGEL, 2008, ROSSE et al., 2015). Ela pode ser considerada como uma explicação, mas não como um argumento. Estes dois conceitos são distintos, segundo alguns autores e importantes para o ensino de ciências, Jonathan Osborne, em especial, tem enfatizado essas distinções.

Narrativas descrevendo o processo de evolução do cérebro humano atual a partir de relações com mudanças na alimentação de suas espécies ancestrais podem ser consideradas explicações. Elas constituem essencialmente de respostas a perguntas e consistem de um subconjunto de descrições onde novas entidades são introduzidas para fornecer uma explicação causal (OSBORNE e PATTERSON, 2011). Narrativas apresentadas em associação com evidências contidas nas Pistas e que dão suporte às hipóteses sobre cada uma ou pelo menos de algumas das transformações na alimentação de hominíneos se assemelham ao conceito de um argumento (OSBORNE, 2007). Isso corre, de modo sintético, porque contém pelo menos uma afirmação importante apoiada por evidências (NEWTON et al., 1999). Soluções mais complexas poderiam articular várias explicações e mesmo alguns argumentos parciais em um texto coerente.

Assim, embora a Solução apresentada acima não esteja incorreta, entendemos que caberia ao professor demandar que os alunos melhorassem suas propostas, indicando que evidências dão suporte a cada um de suas afirmativas. Dessa maneira, o Jogo estaria

contribuindo para que os estudantes desenvolvessem não apenas a capacidade de formular explicações,

4.2. MANUAL DE INSTRUÇÕES

O manual de instruções (ANEXO VII) terá formato de livreto. Nele os jogadores encontrarão as informações necessárias para o andamento do jogo: conteúdo, número de jogadores, situação-problema, cartas de pistas, cartas de sorte ou azar e regras básicas para cooperação.

A impressão deverá ser feita em folhas A4, sendo a leitura prévia do manual de instruções fundamental para o professor orientar corretamente os alunos jogadores e escolher entre o modo rápido ou normal, de acordo com o tempo disponível.

4.3. APLICAÇÃO DO JOGO

Segundo o projeto deste TCM apresentado, o jogo seria testado (1) com alunos do curso de graduação em Biologia, (2) alunos de uma escola particular e (3) alunos de uma escola pública. Seguindo a orientação da Coordenação Nacional do PROFBIO, todo trabalho envolvendo alunos deveria ser submetido a Plataforma Brasil. Com isso, nos inteiramos de toda documentação que seria necessária para a submissão e providenciamos tudo.

Ao submeter o trabalho pela primeira vez, aguardamos alguns dias e recebemos o retorno da secretaria da plataforma dizendo que faltavam documentos, mas não orientavam quais seriam e isso se repetiu diversas vezes. Durante as submissões, o trabalho foi automaticamente encaminhado para comitês de ética que não eram de competência para julgar o trabalho, no caso, por duas vezes, o Instituto de Psiquiatria da UFRJ que, conseqüentemente, devolvia o trabalho e encerrava o processo de submissão. Em uma das tentativas o trabalho foi encaminhado ao comitê referente ao Hospital Universitário da UFRJ, que é o responsável por avaliar as submissões, mas novamente devolviam o trabalho sem orientar quais seriam as pendências. Tivemos que mudar o nome do TCM duas vezes por conta desses contratempos.

Entre 19/09/2018 e 02/02/2019 foram feitos sete contatos com os comitês via plataforma, além de várias ligações que não eram produtivas. Mediante tamanha exaustão e extrapolação de prazos para a viabilidade da aplicação e avaliação do produto, visando manter um padrão de qualidade mediante o tempo disponível, optamos por não testar o jogo. Mesmo assim pretendemos, em breve, realizar a submissão ao comitê de ética, aplicar e avaliar a capacidade do jogo em facilitar o aprendizado de alunos do Ensino Médio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A possibilidade de criar um jogo pedagógico, a partir de uma fórmula de sucesso como têm sido o CAD e o FDQ, significou uma janela de oportunidade para a criação de novas estratégias didáticas que podem facilitar o processo de ensino-aprendizagem. Pensar em todas as etapas como a construção, inovação, abordagem, aplicabilidade, representou desafios que nos fizeram continuar acreditando que novas ferramentas podem aproximar o aluno de um conteúdo a ser aprendido de forma motivadora e ainda sem perder um caráter avaliativo.

A dinâmica que um jogo traz aos alunos, despertando seu interesse e instigando-os a superar desafios contribui para a construção do conhecimento em oposição às antigas metodologias que não motivam o querer aprender. Segundo Fialho (2007),

...diante de tanta tecnologia, acessível à maioria da população, muitas vezes um quadro de giz e “saliva”, não conseguem atrair a atenção de nossos alunos. É necessário, então, diversificarmos nossas metodologias de ensino, sempre em busca de resgatarmos o interesse e o gosto de nossos alunos pelo aprender.

Segundo Oliveira (2017), as atividades lúdicas são uma resposta a inquietação do estudante atual, em uma tentativa de contornar as dificuldades de aprendizado, atraindo os que se sentem entediados como também aqueles que não foram despertados.

O trabalho cooperativo e a investigação, por meio da busca de solução para problemas, associados à interação e troca de informações visando a resolução do Caso, são muito importantes para o aluno conseguir associar o ato de estudar a algo prazeroso e significativo. A possibilidade de lidar com as cartas de sorte ou azar, o resolver ou não o Caso e o respeito às regras, são importantes para o desenvolvimento da cidadania do indivíduo. Spiegel et al. (2001), afirmam que o ambiente propício à aprendizagem também se cria com atividades lúdicas, permitindo a autodescoberta e a mudança de um sujeito inerte para intelectualmente ativo, que discute e aprende.

A observação do ambiente criado durante o desenrolar do jogo faz do professor um agente em constante análise, uma vez que observa atitudes, participa em momentos específicos (quando as cartas solicitam) e coleta informações acerca do conhecimento prévio, do que se vai construindo ao longo do jogo e, do que se construiu ao final da partida.

O momento final é o momento mais importante do jogo pois é neste ponto que o diálogo a ser estabelecido pelo professor com os alunos irá consolidar as informações coletadas e construídas durante o jogo, polindo e consertando as que não estiverem tão próximas do objetivo.

A criação de um jogo do tipo *print and play* diminui de maneira significativa os custos de sua produção do jogo, facilitando acesso pelo grupo para o qual ele foi pensado.

Posteriormente será essencial para o aprimoramento deste jogo, que ele possa ser testado em turmas de ensino médio, para acompanhar sua dinâmica e eficiência ao que se propõe. Este *feedback* poderá indicar reformulações pontuais de cartas de Pistas, por exemplo. Por se tratar de um tema pouco abordado, é de grande importância que os detalhes do decorrer da aplicação sejam analisados para, se necessário, fazer quaisquer adaptações que maximizem a jogabilidade e o aprendizado.

O jogo FDQ já possui um núcleo bem definido. O NFDQ cria uma expansão ao FDQ com um foco novo, ampliando seu alcance. É jogável, e ainda permite a possibilidade de ser aprimorado ou ampliado com o tempo, adicionando mecânicas e técnicas para aumentar a reexperimentação. Em síntese, o *Caso* NFDQ pode ser definido como um integrante do FDQ, uma vez que preserva a essência de sua proposta original. Por outro lado, é um produto bastante inovador, inclusive por propor novas versões para elementos comuns aos demais “Casos” já existentes do FDQ.

6. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do trabalho de conclusão do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia consolidou a elaboração de um jogo de tabuleiro, expansão do já testado FDQ, denominado “Neurônios Têm Fome de Q?”, que se apresenta como uma nova ferramenta nas aulas de Biologia, motivando, desafiando, instigando e produzindo conhecimento de forma dinâmica para o ensino da Evolução e da Fisiologia humanas, observando que a aprendizagem do aluno e a prática avaliativa são impulsionadas pela utilização do lúdico.

O jogo NFDQ surge como uma alternativa que pode trazer dinâmica, inovação e investigação às antigas formas de ensino, muitas vezes desestimulantes ao aprendizado. A utilização deste material no ensino de Evolução e Fisiologia humanas ainda permite, conforme a interação desejada, auxiliar outras áreas da Biologia, conforme a necessidade do professor e do aluno, construindo o conhecimento de forma mais dinâmica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AIELLO, Leslie C.; WHEELER, Peter. **The Expensive-Tissue Hypothesis: The Brain and the Digestive System in Human and Primate Evolution.** *Current Anthropology*, abril, vol. 36, nº 2, 1995.
- [2] ALLES, David L; STEVENSON, Joan C. **Teaching Human Evolution.** *The American Biology Teacher*, vol. 65, nº 5, p.333-339, 2003.
- [3] ALMEIDA, Leandro S. **Facilitar a Aprendizagem: Ajudar os Alunos a Aprender e a Pensar.** *Psicologia Escolar e Educacional*, vol. 6 nº 2, p. 155-165, 2002.
- [4] ALVES-OLIVEIRA, Maria de Fátima. **Construindo Conhecimentos sobre Nutrientes no Ensino Fundamental: Elaboração e Avaliação de Atividades Investigativas e sua Influência nos Hábitos Alimentares dos Alunos do Rio de Janeiro (Brasil).** Tese (Doutorado em Ensino em Biociências e Saúde). Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro-RJ, 2008.
- [5] AMBROSE, S.H.; DE NIRO; M. J. **Reconstruction of African human diet using bone collagen carbon and isotope ratios,** *Nature*, 319: 321-324. 1986.
- [6] ARAÚJO, Nukácia Meyre Silva; RIBEIRO, Fernanda Rodrigues; SANTOS, Suellen Fernandes dos. **Jogos Pedagógicos e Responsividade: Ludicidade, Compreensão Leitora e Aprendizagem.** *Bakhtiniana*, São Paulo, jan./jun., vol. 7, nº 1, p. 4-23, 2012.
- [7] AZZAM, Eduardo Meirelles. **Fome de Q?: desenvolvimento e avaliação de um jogo cooperativo para o ensino de nutrição em turmas de 8º ano do Ensino Fundamental.** Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do grau de especialista em Ensino em Biociências e Saúde, Curso de Especialização em Ensino em Biociências e Saúde, pelo Instituto Oswaldo Cruz/FIOCRUZ. Pp47-48, 2011.
- [8] BACON, F. **Novum Organum.** São Paulo: Abril Cultural, 1979.
- [9] BAMFORD, M. e THACKERAY, F. **Continued excavations at Wonderwerk Cave.** *The Digging Stick* 26 (2): 21-22), 2009. Disponível em: <http://www.wonderwerkcave.com>.

- [10] BARBOSA, Rejane Martins Novais; JÓFILI, Zélia Maria Soares. **Aprendizagem cooperativa e ensino de química: parceria que dá certo.** *Ciência & Educação*, ISSN- e 1980-850X, vol. 10, Nº. 1, págs. 55-61, 2004.
- [11] BERNA, Francesco; GOLDBERG, Paul; HORWITZ, Liora Kolska; BRINK, James; HOLT, Sharon; BAMFORD, Marion; CHAZAN, Michael. **Microstratigraphic Evidence of *in situ* Fire in the Acheulean Strata of Wonderwerk Cave, Northern Cape Province, South Africa.** *PNAS*, abril, p. E1215–E1220, 2012.
- [12] BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica.** Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral, 2013.
- [13] BROWN K. S., MAREAN C. W., HERRIES A. I. R., JACOBS Z., TRIBOLO C., BRAUN D., et al. **Fire as an engineering tool of early modern humans.** *Science* 325, 859–862. 10.1126/science.1175028, (2009).
- [14] BUNN, H. T.; KROLL, E. M. **Systematic butchery by Plio/Pleistocene hominids at Olduvai Gorge, Tanzania,** *Current Anthropology*, 27: 431-452. 1986.
- [15] CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: *Cengage Learning*, 2013.
- [16] CHINN, Clark A.; MALHOTRA, Betina A. **Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks.** Wiley Periodicals, Inc., *Science Education*. Vol. 86, p.175–218, 2002.
- [17] CHIVERS, David. J.; HLADIK, Claude Marcel. **Morphology of the Gastrointestinal Tract in Primates: Comparisons with Other Mammals in Relation to Diet.** Wiley Periodicals, Inc., *Journal of Morphology*. vol. 166, p. 337-386, 1980.
- [18] CORNÉLIO, Alianda M.; BITTENCOURT-NAVARRETE, Ruben M. E.; BRUM, Ricardo B.; QUEIROZ, Claudio M.; COSTA, Marcos R. **Human Brain Expansion during Evolution Is Independent of Fire Control and Cooking.** *Frontiers in Neuroscience*, vol. 10, p. 167, 2016.
- [19] CORREIA, M. M. **Trabalhando com jogos cooperativos.** *Papirus*, 2006.
- [20] COUPLAN, F. **L'alimentation végétale potentielle de l'homme avant et après la domestication du feu au Paléolithique inférieur et moyen,** em PATOU-MATHIS M.

L'alimentation des hommes du paléolithique. Approche pluridisciplinaire. *Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège*. vol. 83, p. 151-185, 1997.

- [21] DE SILVA, Jeremy. **An Approach to Teaching Human Evolution in the Classroom.** *The American Biology Teacher*; vol. 66, n° 4, p. 257-267, 2004.
- [22] DOMÍNGUEZ-RODRIGO, M. et al. **Cutmarked bones from Pliocene archaeological sites at Gona, Afar, Ethiopia:** implications for the function of the world's oldest stone tools. *Journal of Human Evolution* 48, 109-121, 2005.
- [23] EMES, Yusuf; AYBAR, Buket; YALCIN, Serhat. **On The Evolution of Human Jaws and Teeth: A Review.** *Bull Int Assoc Paleodont*; 5(1):37-47, 2011.
- [24] EVENEPOEL, Pieter; CLAUS, Dirk; GEYPENS, Benny; HIELE, Martin; GEBOES, Karen; RUTGEERTS, Paul; GHOOS, Yvo. **Amount and Fate of Egg Protein Escaping Assimilation in the Small Intestine of Humans.** *American Journal of Physiology*; vol. 277, p. 935-946, 1999.
- [25] FIALHO, N. **Os Jogos Pedagógicos como Ferramenta de Ensino.** 2007. Disponível em: <http://quimimoreira.net/Jogos%20Pedagogicos.pdf>. Acesso em 24 de junho de 2019.
- [26] FURNESS, J. B.; COTTRELL J. J., BRAVO, D. M. **Comparative Gut Physiology Symposium: Comparative physiology os digestion.** *American Society of Animal Science.* 2015
- [27] GORDON, K. D. **Evolutionary perspectives on human diet.** *Nutritional anthropology*, Alan R Liss Inc, New York: 3-39, 1987.
- [28] HERCULANO-HOUZEL, Suzana. **A Vantagem Humana: Como Nosso Cérebro se Tornou Superpoderoso.** Tradução: Laura Teixeira Motta. —1ª ed. — São Paulo: Companhia das Letras, 2017.
- [29] HERCULANO-HOUZEL, Suzana. **Scaling of Brain Metabolism with a Fixed Energy Budget per Neuron:** Implications for Neuronal Activity, Plasticity and Evolution. *PLoS ONE*, vol. 6, n° 3, p. e17514, 2011.

- [30] HERCULANO-HOUZEL, Suzana. **The Human Brain in Numbers: A Linearly Scaled-Up Primate Brain.** *Frontiers in Human Neuroscience*, novembro, vol. 3, art. 31, 2009.
- [31] HERREID, Clyde Freeman. **What Makes a Good Case?** Some Basic Rules of Good Storytelling Help Teachers Generate Student Excitement in the Classroom. *Journal of College Science Teaching*, Vol. 27, No. 3, Dec 1997/Jan 1998.
- [32] HILL, K. **Hunting and human evolution,** *Journal of Human Evolution*, 11: 521-544. 1982
- [33] ISAAC, G. L. I.; CRADER, D. C. **To what extent were early hominids carnivorous?** An archaeological perspective em HARDING, R. S. O.; TELEKI, G. **Omnivorous primates: gathering and hunting in human evolution.** *Columbia University Press*, New York: 37-103. 1981
- [34] JOUCOSKI et al. **A construção dos jogos didáticos de cartas colecionáveis como instrumento de divulgação científica no programa de extensão LabMóvel.** Anais do VIII ENPEC, 2011. Disponível em <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/download/4720/3017/>
- [35] KAPLAN, H.; HILL, K.; LANCASTER, J.; HURTADO, A. M. **A theory of human life history evolution: diet, intelligence, and longevity,** *Evolutionary Anthropology*, 9: 156-185. 2000.
- [36] KAY, R. F.; HYLANDER, W. L. **The dental structure of mammalian folivores with special reference to primates and Phalangerioidea (Marsupials)**”, em MONTGOMERY, G. G. **The ecology of arboreal folivores,** *Smithsonian Institution Press*, Washington D.C.: 173-191. 1978.
- [37] KRASILCHIK, Myriam. **Práticas de Ensino de Biologia.** 4ª ed. ver. e amp., 1ª reimp. - São Paulo: *Editora da Universidade de São Paulo*, 2005.
- [38] LOPES, R. M.; ALVES, N. G.; PIERINI, M. F.; SILVA FILHO, M. V. **Características Gerais da Aprendizagem Baseada em Problemas.** In: Renato Matos Lopes; Moacelio Veranio Silva Filho; Neila Guimarães Alves. (Org.). **Aprendizagem Baseada em Problemas: fundamentos para a aplicação no ensino médio e na formação de professores.** 1ed. Rio de Janeiro: *Publiki*, v. 45, p. 72, 2019.
- [39] LOPES, Sonia; ROSSO, Sérgio. **Conecte Bio;** vol. 3. São Paulo: Saraiva, 2011.

- [40] LUCAS, Peter W; CONSTANTINO, Paul J.; WOOD, Bernard A. **Inferences Regarding the Diet of Extinct Hominins:** Structural and Functional Trends in Dental and Mandibular Morphology within the Hominin Clade. *Journal of Anatomy*, vol. 212, p. 486–500, 2008.
- [41] MARIGLIANI, Bianca. **Estudo sobre as implicações da proteína animal na saúde humana.** *Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Ibirapuera.* São Paulo, 2007. Disponível em:
https://www.researchgate.net/profile/Bianca_Marigliani/publication/284029919_APRESENTACAO_DE_TRABALHO_DE_CONCLUSAO_DE_CURSO_GRADUACAO_E_M_BIOLOGIA_Estudo_sobre_as_implicacoes_da_proteina_animal_na_saude_humana/links/564b2ff408ae9cd9c8282d74.pdf
- [42] MELIM, Leandra Marques Chaves. **Cooperação ou Competição?** Avaliação de uma Estratégia Lúdica de Ensino de Biologia para o Ensino Médio e o Ensino Superior. Dissertação (Mestrado em Ensino em Biociências e Saúde). Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro-RJ, 2009.
- [43] MELIM, L. M. C.; SPIEGEL, C. N. ; LUZ, M. R. M. P. **Desenvolvimento e avaliação de uma atividade baseada na solução de problemas em grupo para o ensino integrado de Fisiologia Humana.** *Revista Práxis (Online)*, v. 7, p. 11-31, 2015.
- [44] MONTEIRO, S.S.; VARGAS, E. P.; REBELLO, S.M. **Educação, prevenção e drogas:** resultados e desdobramentos da avaliação de um jogo educativo. *Educação e Sociedade*, 24(83): 659-678, 2003.
- [45] NEWTON, P., DRIVER, R., & OSBORNE, J. **The place of argumentation in the pedagogy of school science.** *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576, 1999.
- [46] O'CONNEL, J.F.; HAWKES, K.; BLURTON-JONES, N.; **Hadza scavenging:** implications for plio-pleistocene hominid subsistence, *Current Anthropology*, 29: 356-363. 1988.
- [47] OLIVEIRA, M. L. **Jogos como estratégias de ensino em história:** uma prática em turmas do segundo segmento do ensino fundamental e do ensino médio. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Católica de Petrópolis - UCP, Petrópolis, 2017.

- [48] ORGAN, Chris; NUNN, Charles L.; MACHANDA, Zarin; WRANGHAM, Richard W. **Phylogenetic Rate Shifts in Feeding Time During the Evolution of Homo.** *PNAS*, agosto, p. 14555-14559, 2011.
- [49] ORLICK, T. **Cooperative games and sports.** Joyful activities for everyone. Champaign, IL: *Human Kinetics*, p.1-9, 2006.
- [50] OSBORNE, JONATHAN F. **Rumo a uma pedagogia social na educação em ciências: o papel da argumentação.** *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Vol. 7 No 1, 2007.
- [51] OSBORNE, JONATHAN F.; PATTERSON, ALEXIS. **Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction?** *Science Education* 5(4):627 - 638 · July, 2011.
- [52] PASQUET, Patrick; HLADICK, Claude Marcel. **Theories of Human Evolutionary Trends in Meat Eating and Studies of Primate Intestinal Tracts.** *Estudios del Hombre* (Guadalajara, Jalisco, México), vol. 19, p. 21-31, 2005.
- [53] QUEIROZ, Salete Linhares e CABRAL, Patrícia Fernanda de Oliveira. **Estudo de casos aplicados ao ensino de Ciências da Natureza.** São Paulo: Centro Paula Souza - Setec/MEC, 2015.
- [54] ROWLAND, Gary. **Towards a New Biology Curriculum.** *Journal of Biological Education*; vol. 41, nº 3, p. 99-101, 2007.
- [55] ROSELL, M.; APPLEBY, P.; KEY, T. **Height, age at menarche, body weight and body mass index in life-long vegetarians.** *Cancer Research UK Epidemiology Unit, University of Oxford, Gibson Building, Radcliffe Infirmary, Oxford OX2 6HE, UK.* Public Health Nutrition, 2005.
- [56] ROSSE, Cassio G.; SPIEGEL, Carolina N.; LUZ, Maurício R. M. P. **Fome de Q? Um Jogo Cooperativo de Nutrição para Alunos do Ensino Fundamental.** In: II Encontro Regional de Ensino de Biologia regional 4 (MG/GO/TO/DF), Juiz de Fora – MG, 2015.
- [57] SÁ, Luciana Passos. QUEIROZ, Salete Linhares. **Estudo de casos no ensino de química.** Campinas: Editora Átomo, 2010.
- [58] SEMAW, S. **The World's Oldest Stone Artefacts from Gona, Ethiopia: Their Implications for Understanding Stone Technology and Patterns of Human Evolution**

Between 2·6–1·5 Million Years Ago. *Journal of Archaeological Science*, 27, 1197–1214, 2000.

- [59] SEPULVEDA, Claudia A. S.; EL-HANI, Charbel Niño. **Quando Visões de Mundo Se Encontram:** Religião e Ciência na Trajetória de Formação de Alunos Protestantes de uma Licenciatura em Ciências Biológicas. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, vol. 9, nº 2, p. 137-175, 2004.
- [60] SILVA, T.C.; AMARAL, C.L.C. **Jogos e avaliação no processo de ensino-aprendizagem:** uma relação possível. *REnCiMa*, v. 2, n. 1, p. 1-8, jan/jun 2011.
- [61] SOUZA, Evelin Christine Fonseca de; DORVILLÉ, Luís Fernando Marques. **Ensino de Evolução Biológica:** Concepções de Professores Protestantes de Ciências e Biologia. *Revista da SBEnBio*, nº 7, outubro, 2014.
- [62] SPETH, John D. **Early Hominid Hunting and Scavenging:** The Role of Meat as an Energy Source. *Journal of Human Evolution*, vol. 18, p. 329-343, 1989.
- [63] SPIEGEL, C. N. ; ALVES, G. G. ; CARDONA, T. S.; ARAÚJO-JORGE, T. C. **Célula Adentro:** Uma Estratégia Lúdica para Educação em Biologia Celular no Ensino Médio. In: I EREBIO, 2001, Niterói. Anais do I EREBIO, 2001.
- [64] SPIEGEL, Carolina N.; ALVES, Gutemberg G.; CARDONA, Tânia da S.; MELIM, Leandra M. C.; LUZ, Mauricio R. M. P.; ARAÚJO-JORGE, Tania C.; HENRIQUES-PONS, Andrea. **Discovering the Cell:** An Educational Game About Cell and Molecular Biology for Secondary-Level Students. *Journal of Biology Education*, vol. 43, nº 1, p. 27-35, 2008.
- [65] STEDMAN, Hansell H.; KOZYAK, Benjamin W.; NELSON, Anthony; THESIER, Danielle M.; SU, Leonard T.; LOW, David W.; BRIDGES, Charles R.; SHRAGER, Joseph B.; MINUGH-PURVIS, Nancy; MITCHELL, Marilyn A. **Myosin Gene Mutation Correlates with Anatomical Changes in the Human Lineage.** *Nature*, março, vol. 428, 2004.
- [66] STRYER, Lubert; BERG, Jeremy M.; TYMOCZKO, John L. **Bioquímica.** 5. ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2008.
- [67] VICENTINO, S.L. e SANT'ANNA, D.M.G. A. **Divulgação Científica por meio de um jogo:** trilha do Sistema Digestório. *Arquivos do MUDI*, v15 (1/2/3), 2011.

- [68] WHITEN, A.; WIDDOWSON, E. **Foraging strategies and natural diets of Monkeys, Apes and Humans**, *Oxford University Press*, Oxford, 1992.
- [69] WRANGHAM, R. W.; JONES, J. H.; LADEN, G., PILBEAM, D.; CONKLIN-BRITTAIN N. L. **The raw and the stolen: Cooking and the Ecology of Human Origins**, em *Current Anthropology*, 40: 567-594, 1999.
- [70] WRANGHAM, Richard. **Pegando Fogo: Por Que Cozinhar nos Tornou Humanos**. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2010.
- [71] WRANGHAM, Richard; CONKLIN-BRITTAIN, NancyLou. **Cooking as a Biological Trait**. Elsevier, *Comparative Biochemistry and Physiology*. Part A, vol. 136, p. 35–46, 2003.
- [72] ZINK, K. D.; LIEBERMAN, D. E. **Impact of meat and Lower Palaeolithic food processing techniques on chewing in humans**. *Nature*. Publisher's Version, 2016.
- [73] ZION, M.; SLEZAK, M.; SHAPIRA, D.; LINK, E.; BASHAN, N.; BRUMER, M.; ORIAN, T.; NUSSINOWITZ, R.; COURT, D.; AGREST, B.; MENDELOVICI, R.; VALANIDES, N. **Dynamic, Open Inquiry in Biology Learning**. Wiley Periodicals, Inc. *Science Education*. vol. 88, nº 5, p. 728–753, 2004.
- [74] ZUCKERKANDL, E; PAULING, L. **Evolutionary divergence and convergence in proteins**. Pp. 97-166. In: **Evolving Genes and Proteins**. Bryson, V.; Vogel, H. J. (eds.). *Academic Press*, 1965.

CATÁLOGO DE IMAGENS

Pista 1

Caverna

https://stock.adobe.com/br/search?load_type=search&native_visual_search=&similar_content_id=&is_recent_search=&search_type=autosuggest&k=cavern+cave&acp=1&ac_o=caver&asset_id=32682829&

Ossos - <http://www.wonderwerkcave.com/assets/berna-article.pdf>

Pista 2

Machadinha – clipart Microsoft Office

Pedras lascadas – <http://science.psu.edu/alert/photos/miscphotos/Gona-core.jpg/view>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0047248404001411>

Pista 3

Ovos - <http://pamellaferrari.com/pam/o-maior-queridinho-das-dietas-ovo/>

Gráfico - feito pelo mestrando no MS Excel

Pista 4

Mandíbula - <https://news.usc.edu/57064/healthy-stem-cells-can-create-benign-tumors-in-jaw-usc-study-finds/>

Figura - <http://histoblogsu.blogspot.com/2009/10/mandibula-e-denticao-humana.html>

Pista 5

Pão - <https://tvtaquari.com.br/pao-fica-ate-15-mais-carro/>

Amido - <http://umaquimicairresistivel.blogspot.com/2011/06/indigestibilidade-do-amido.html>

Pista 6

Gorila – <https://www.spiegel.de/panorama/justiz/bild-1095178-1001261.html>

Gorila – <https://people.cs.uct.ac.za/~jgain/lectures/Intro.pdf>

Pista 7

Imagem feita no MS Paint.

Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA-UNICAMP.- Versão II. 2. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006.

Pista 8

Sistema Digestório 1 - <https://bemexplicado.pt/teste-diagnostico-sistema-digestivo-humano-e-de-outros-animais-1-solucoes/>

Sistema Digestório 2 - <https://www.sodetalhe.com/wp-content/uploads/2012/02/estomago-humano-no-sistema-digestivo.jpg>

Orangotango - <https://www.pexels.com/photo/orangutan-clinging-on-tree-2411914/>

Chimp - <https://stock.adobe.com/br/images/chimpanzee-xii/122200101>

Homem - https://cdn.pixabay.com/photo/2014/02/10/12/40/man-263413__340.jpg

Pista 9

Frutas - <https://www.wellworksforyou.com/5-of-the-best-foods-for-heart-health/>

Frutas - <https://stock.adobe.com/br/images/dinner-table-women-eat-healthy-food-at-home-kitchen/145446341>

Pista 10

Carne - <https://www.icbf.com/wp/wp-content/uploads/2014/10/Industry-meeting-presentation-Part-1.pdf>

Carne -

http://www.cempeqc.iq.unesp.br/Jose_Eduardo/Cromatografia%20em%20Camada%20Delgada.pdf

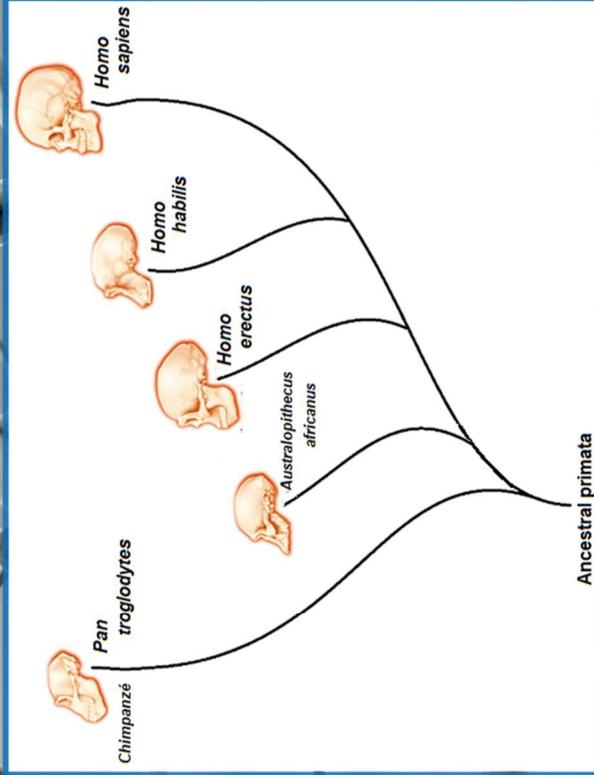
Anexo I
Carta-Problema

NEURÔNIOS GOMME têm



Um cérebro muito caro!

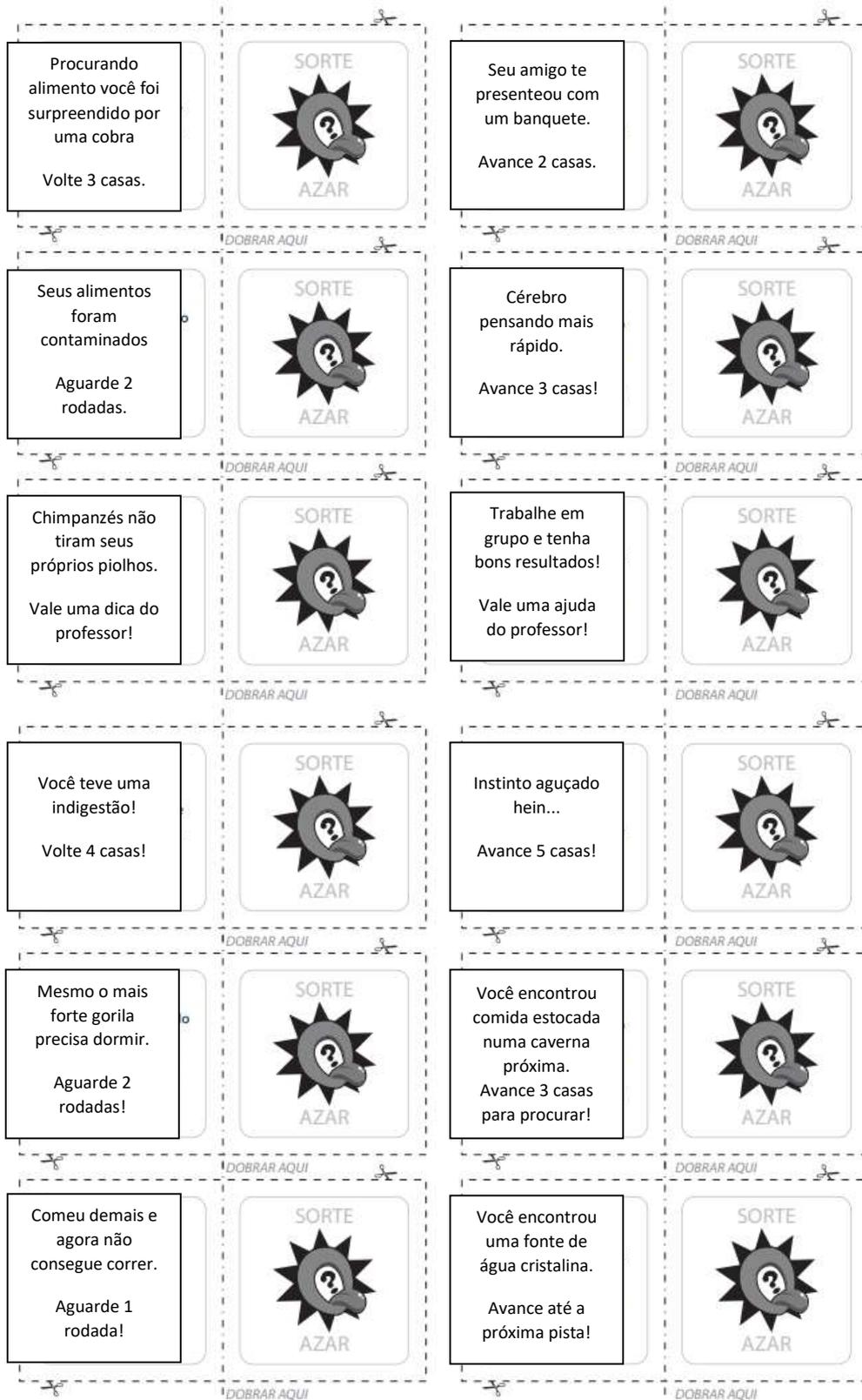
A espécie humana possui um ancestral distante comum com os chimpanzés. Nossa linhagem e a dos chimpanzés se separaram há aproximadamente 7 milhões de anos na África. Sabemos pelo registro fóssil que a partir desta separação, várias espécies ancestrais humanas viveram na África. Todas elas se extinguíram e apenas a nossa espécie, *Homo sapiens*, chegou até o presente. Quando observamos os crânios desses fósseis, percebemos que o cérebro do *Homo sapiens* é bem maior do que o de seus ancestrais.



O cérebro da espécie humana (*Homo sapiens*) tem 86 bilhões de neurônios, enquanto o de nosso ancestral *Australopithecus afarensis* que viveu há 4 milhões de anos tinha apenas 35 bilhões. Esse aumento enorme do cérebro acarreta um problema. Neurônios são células que consomem muito mais energia do que as outras células do corpo. Ter mais neurônios exigiu de nossos ancestrais uma alimentação mais rica em energia (mais calórica).

CASO: A tarefa de vocês é desvendar quais foram as principais mudanças na alimentação e no modo de vida de nossos ancestrais que permitiram que pudéssemos ter energia (calorias) suficiente para sustentar cérebros cada vez maiores.

Anexo II
Cartas de Sorte ou Azar



Anexo III
Tabuleiro A4

NEURONIOS têm
COME de



Início



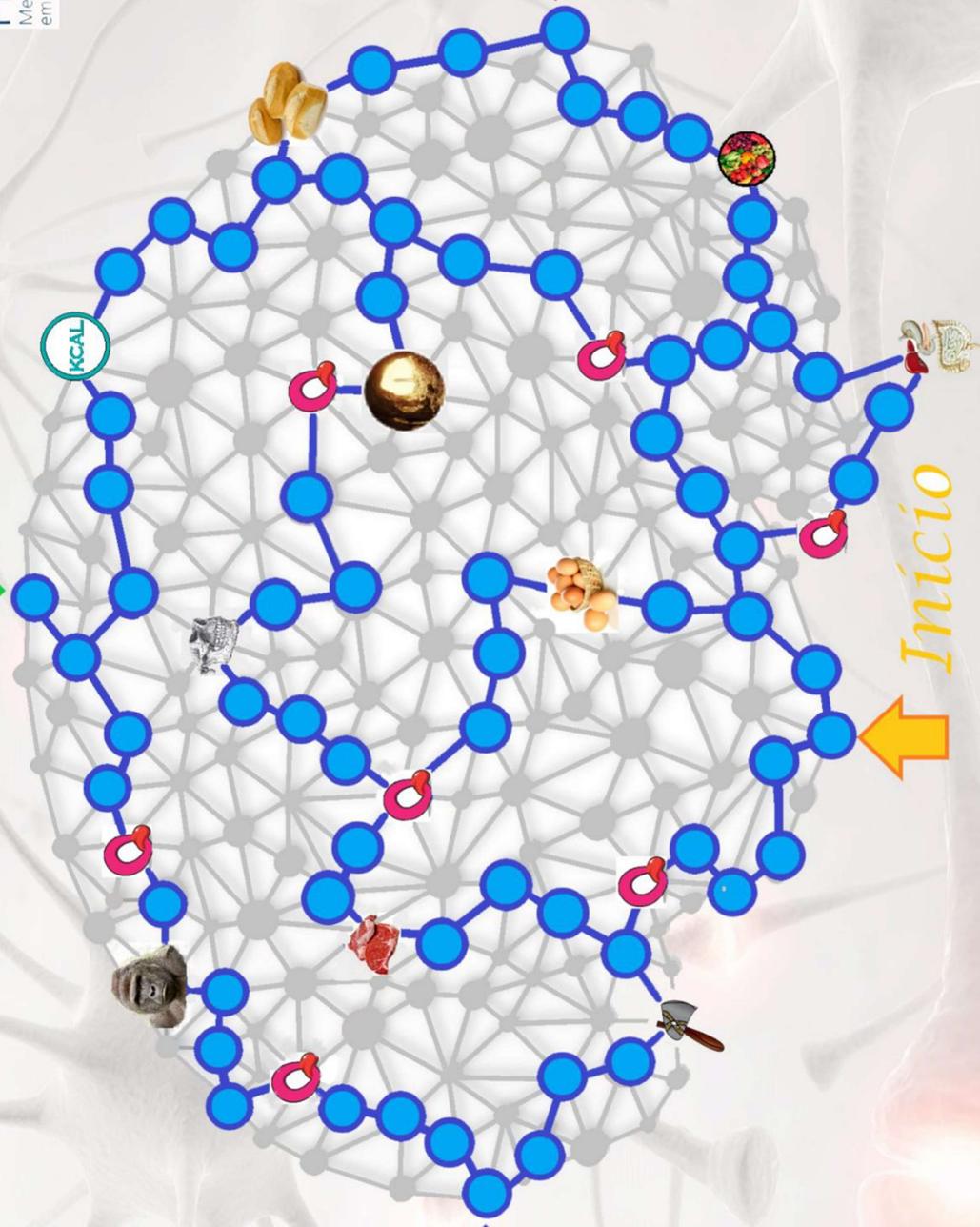
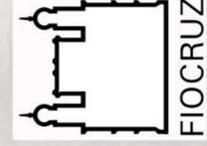
Início



Início



Início

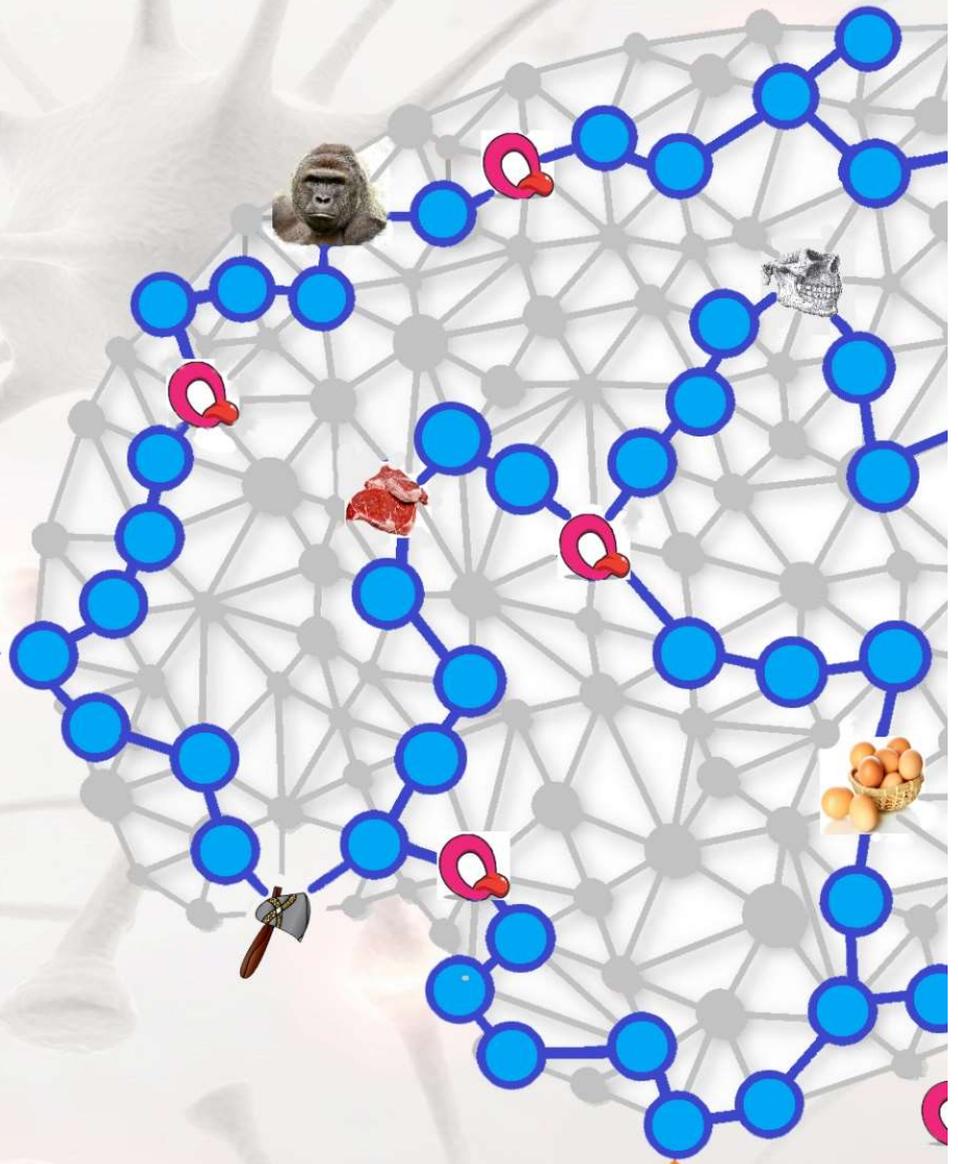


Anexo IV
Tabuleiro A3

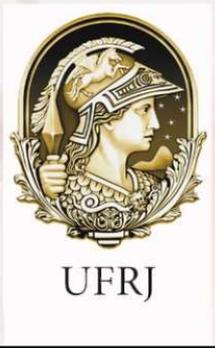


Início ↓

Início →



Início ↑



COLE A OUTRA PARTE AQUI, ALINHANDO COM A LINHA TRACEJADA

KCAL

Início

PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia

CAPES

FIOCRUZ

Anexo V
Pistas

Pistas 1 e 2

NEURÔNIOS têm
FOFÉ de


**CAVERNA**

A caverna de Wonderwerk na África do Sul ficou conhecida pelos arqueólogos a partir de 1940. As escavações realizadas entre 1970 e 1990 mostraram fragmentos e cinzas de plantas, ossos de animais queimados e machados de mão. As datações indicam que esse material tem cerca de 1 milhão de anos.



Pedaços de ossos e plantas queimados.

NEURÔNIOS têm
FOFÉ de


**FERRAMENTAS**

Escavações arqueológicas realizadas ao longo da década de 1990 em uma localidade chamada Gona, na Etiópia, encontraram artefatos de pedra que serviriam para cortar carne. Nesse mesmo sítio foram encontrados ossos de bovinos e equinos com marcas produzidas por essas ferramentas. A datação indica que ambos têm cerca de 2,5 milhões de anos. Esses são os indícios mais antigos de uso de ferramentas para processamento mecânico de alimentos que se tem notícia até hoje.



Marca de ferramenta de pedra em osso no sítio de Gona.



Ferramenta de pedra do sítio em Gona

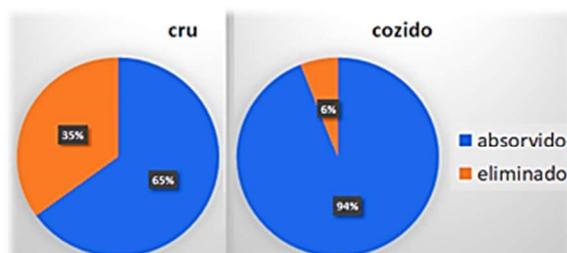
Pistas 3 e 4

NEURÔNIOS ^{têm}
FOME




OVOS

Ovos são alimentos nutritivos porque são ricos em proteína e gordura, assim como a carne. Os ancestrais humanos comiam ovos mesmo antes de domesticar galinhas e patos. Pesquisadores estudaram a absorção das proteínas do ovo cruas ou cozidas pelo intestino delgado de seres humanos. As proteínas não absorvidas foram eliminadas nas fezes. As figuras abaixo mostram as diferenças na absorção de proteínas após a ingestão de ovos crus ou cozidos.

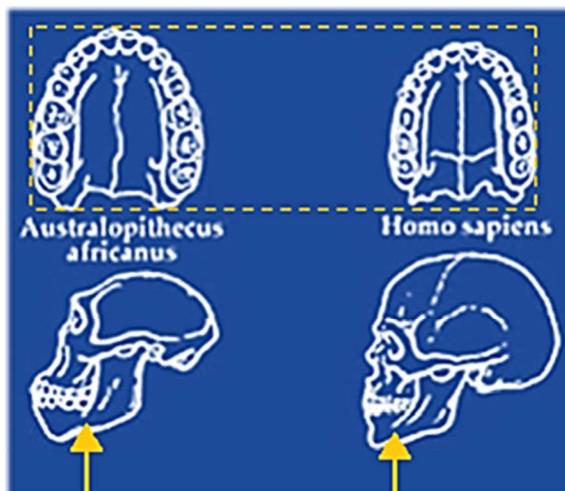


NEURÔNIOS ^{têm}
FOME




MANDÍBULA

Os músculos usados na mastigação diminuíram ao longo da evolução humana desde de sua separação do ancestral comum com chimpanzés. Uma redução similar ocorreu com a mandíbula e a dentição, como podemos ver nas setas da figura abaixo.



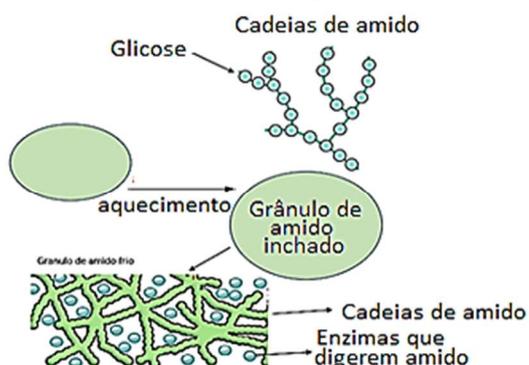
<http://histoblogsu.blogspot.com/2009/10/mandibula-e-denticao-humana.html>

Pistas 5 e 6

NEURÔNIOS ^{têm}
FOME


**AMIDO**

O amido é um dos principais nutrientes presentes nos vegetais. Cada molécula de amido é formada por uma grande cadeia de moléculas de glicose. A glicose é uma das moléculas usadas pelas células para produzir energia. O amido frio não se dissolve em água pois as cadeias se juntam e formam grandes grãos. É o que acontece quando adicionamos farinha de trigo ou fubá na água fria. Com o aquecimento do amido, esses grãos incham e se rompem, o que torna o amido mais fácil de mastigar e engolir. Além disso, as cadeias de amido aquecido são mais expostas à ação das enzimas digestivas. O cozimento, portanto, facilita a digestão do amido e a absorção da glicose.



NEURÔNIOS ^{têm}
FOME


**GORILA**

Os gorilas são essencialmente vegetarianos. 90% de sua dieta é constituída de frutos e folhas. Eles precisam gastar as 12 horas em que permanecem acordados buscando e ingerindo esses alimentos.



Pistas 7 e 8



KCAL



CALORIAS

A tabela a seguir mostra a energia (calorias) disponível de certos alimentos.

Tabela comparativa de calorias por alimento

Alimento	Energia (Kcal)	
	Cru	Assado ou Cozido
Came, bovina, acém, sem gordura	144	215
Frango, inteiro, sem pele	129	187
Porco, lombo	176	210

Fonte: Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA-UNICAMP.- Versão II. 2. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006.



TUBO GASTROINTESTINAL (TGI)

Comparando nosso TGI com os de outros homínídeos, nossos parentes evolutivos mais próximos.

Os orangotangos, primatas exclusivamente herbívoros, têm intestinos proporcionalmente três vezes maiores do que os nossos. Já os chimpanzés, onívoros que ingerem carne apenas ocasionalmente, têm intestinos proporcionalmente pouco maiores do que os nossos.



Pistas 9 e 10

NEURÔNIOS ^{têm}
FOME




CRUDÍVOROS

Crudívoros são pessoas vegetarianas que optam por ingerir exclusivamente alimentos vegetais crus. Em um experimento, voluntários comeram alimentos crus por doze dias. Foi observada uma redução no colesterol e na pressão sanguínea nessas pessoas. Por outro lado, elas perderam em média 4,4 kg.

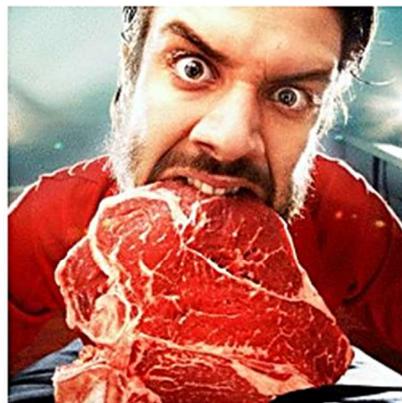


NEURÔNIOS ^{têm}
FOME



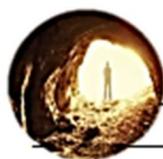

CARNÍVOROS

De acordo com os relatos de quem sobreviveu no Ártico, uma alimentação exclusiva de carne magra causa fome constante, distensão do estômago, diarreia e até a morte se for mantida por tempo prolongado. O mal-estar só é revertido se houver ingestão de gordura.



Anexo VI
Caderno de Anotações

**Anotem as
informações
importantes
de cada pista**



A CAVERNA



FERRAMENTAS



OVOS



MANDÍBULA



AMIDO



GORILA



CALORIAS



SISTEMA DIGESTÓRIO



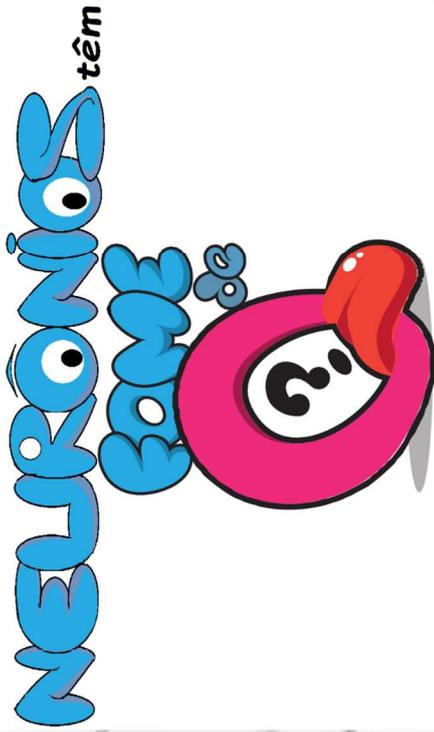
CRUDÍVOROS



CARNÍVOROS



Anexo VII
Manual de Instruções



REGRAS DO JOGO

PREPARAÇÃO:

Os jogadores deverão formar um grupo de 4 a 8 integrantes, se dividir em equipes (duplas ou trios), escolher os peões e colocá-los nos locais marcados como início no tabuleiro.

OBJETIVO:

Encontrar a solução para a pergunta apresentada no Cartão do Caso. Cada caso possui 10 Pistas que deverão ser coletadas e discutidas ao final da partida para elaborar a resposta mais completa possível.

INICIANDO O JOGO:

Escolhe-se um jogador que será o líder do grupo que deverá guardar as Cartas de Pista e as Cartas de Sorte/Aazar e entregá-las às equipes nos momentos adequados. O Cartão do Caso deverá ser lido em voz alta para todos os participantes.

PARTIDA:

Neste jogo não há competição. Todos fazem parte do mesmo time e o desafio é o tempo! As equipes têm 20 minutos para coletarem as Pistas e fazerem suas anotações sem conversar com os demais membros do grupo!

MOVIMENTANDO-SE NO TABULEIRO:

Cada equipe joga o dado na sua vez e move seu peão por tantas casas quantos forem os pontos sorteados. As casas do tabuleiro com alimento ou bebida guardam uma Pista que deverá ser entregue pelo líder às equipes toda vez que o peão entrar em uma dessas casas. A parada nas casas de Pistas é **OBRIGATORIA** e a equipe perde os números a mais que tirou no dado. Após ler e anotar a Pista, as equipes deverão devolvê-la para o jogador líder que poderá apenas entregar 1 Pista por vez para cada equipe. As cartas de Sorte/Aazar deverão ser entregues pelo líder toda vez que uma equipe cair nas casas com o símbolo . As instruções contidas nesta carta deverão ser obedecidas e a carta devolvida para a pilha.

PROPONDO A SOLUÇÃO:

Terminado o tempo para a coleta de Pistas, o líder recolhe e guarda todas as cartas do jogo. As equipes deverão se juntar formando um único time e explicar o conteúdo que viram em cada Pista. O time tem 20 minutos para discutir e escrever a solução do Caso relacionando todas as Pistas.