

QUÍMICA IN SILICO: Problematizações da ciência e da educação na Indústria 4.0.

QUÍMICA EN SILICIO: Problematizaciones de la ciencia y la educación en la industria 4.0.

IN SILICO CHEMISTRY: Problematizations of science and education in Industry 4.0.

Jorge Goulart de Candido¹

<https://orcid.org/0000-0002-5364-4577>

Rochele de Quadros Loguercio²

<https://orcid.org/0000-0002-8464-4801>

Goulart de Candido, J. y Quadros Loguercio, R. (2024). QUÍMICA IN SILICO: Problematizações da ciência e da educação na Indústria 4.0. Vol. 3 Nº 5. Pp. 1-14.

<http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s29533996/qxjanowip>

Fecha de recepción: 02/02/2024

Fecha de aceptación: 15/05/2024

Resumen: La inteligencia artificial (IA) es una realidad en nuestra vida diaria, aunque aún no nos hayamos dado cuenta. La automatización, los robots y la IA marcan el inicio de lo que se conoce como la Industria 4.0, y se presentan como una estrategia para insertar nuevas tecnologías en los más diversos ámbitos, a la par que enfrentan los problemas relacionados con la sostenibilidad. Sin embargo, la intrusión de la IA en la química no ha sido exhaustivamente explorada ni suficientemente

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. Contacto: jorge.candido@ufgrs.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. Contacto: rochelel@ufgrs.br

problematizada, y este trabajo busca ofrecer puntos de debate sobre las políticas involucradas en la producción de química en la Industria 4.0.

La metodología adoptada para el análisis fue la archivística, basada en la propuesta de Aquino. No podemos predecir las consecuencias de la cuarta revolución industrial, pero podemos dar indicaciones de sus efectos, especialmente porque estamos ante una nueva ciencia, otra ontología de la química: la química *in silico*. En esta ciencia se forma una red que interrelaciona educación, sostenibilidad y mercado, cuyas políticas constructivas necesitan ser problematizadas.

Tratamos la Industria 4.0 como una articulación biopolítica, en la que la tecnología es una herramienta más para controlar y docilizar los cuerpos, abordar una masa de sujetos y producir subjetividades. Una nueva ciencia parece implicar el detrimento de otra y, por tanto, la disponibilidad de sus sujetos para dejar espacio a otras. Como efectos, tenemos una posible suspensión de lo humano, ya sea como autor de ciencia, como productor de conocimiento o como sujeto que opera prácticas.

Palabras Clave: Enseñanza de las Ciencias, Sostenibilidad, Inteligencia Artificial, Químico, Biopolítica.

Abstract: Artificial intelligence (AI) is a reality in our daily lives, even if we haven't realized it yet. Automation/robots and Artificial Intelligence mark the era of industry 4.0, but this is not unrelated to the problems of the appeal for sustainability. On the contrary, it seems to be a strategy for inserting new technologies in the most diverse spaces. The intrusion of AI in chemistry has not been problematized and the present work seeks to commit itself to offering points of debate to problematize the policies involved in the production of chemistry in industry 4.0. The methodology adopted for the analysis was archivization, proposed by Aquino. We cannot predict the consequences of the 4th industrial revolution, but we can give indications of effects, especially since it is another science in game, another ontology for chemistry: *in silico* chemistry. A network is formed in this science, questioning education-sustainability-market, whose constructive policies of such science need to be problematized. We treat industry 4.0 as a biopolitical articulation, in which technology is more a beast of control and docility of bodies, addressing a mass of subjects and producing subjectivities. A new science seems to imply the detriment of another and, therefore, the disposability of its subjects to make room for others. As effects, we have a possible suspension of the human, whether as an author of the sciences, or as a producer of knowledge or as the subject who operates practices.

Keywords: Science Education, Sustainability, Artificial Intelligence, Chemistry, Biopolitics.

Resumo: A inteligência Artificial (IA) é uma realidade no nosso cotidiano, mesmo que ainda não a tenhamos percebido. A automação/robôs e a Inteligência artificial marcam a era da indústria 4.0, e ela não está alheia dos problemas do apelo pela sustentabilidade. Ao contrário, parece ser uma estratégia de inserção das novas tecnologias nos mais diversos espaços. A intrusão da IA na química não tem sido problematizada e o presente trabalho busca comprometer em oferecer pontos de debates para problematizar as políticas envolvidas na produção da química na indústria 4.0. A

metodologia adotada para análise foi de arquivização, proposta por Aquino. Não podemos predizer as consequências da 4ª revolução industrial, mas podemos dar indícios de efeitos, em especial por se tratar de uma outra ciência em jogo, uma outra ontologia para a química: a química *in silico*. Uma rede é formada nessa ciência, interpelando educação-sustentabilidade-mercado, cujas políticas construtivas de tal ciência precisa ser problematizada. Tratamos da indústria 4.0 como uma articulação biopolítica, em que a tecnologia é mais uma ferramenta de controle e docilização de corpos, se dirigindo a uma massa de sujeitos e produzindo subjetividades. Uma nova ciência parece implicar no detrimento de outra e, desse modo, a descartabilidade de seus sujeitos para dar lugar a outros. Como efeitos, temos uma possível suspensão do humano, quer seja como autor das ciências, ou como produtor de conhecimento ou como o sujeito que opera práticas.

Palavras-chaves: educação em ciências, sustentabilidade, inteligência artificial, química, biopolítica.

Introdução.

A indústria química foi um dos campos que emergiu no decorrer do desenvolvimento das distintas revoluções industriais- 1.0 (máquinas térmicas), 2.0 (máquinas à combustão e eletricidade), 3.0 (máquinas de computação e automação) produzindo efeitos e impactos em várias áreas de nossa vida cotidiana. A denominada *Indústria 4.0*, com sua imanência a era tecnológica, provoca mudanças que subvertem o fundamento daquilo que até então nos estruturava, desde as técnicas de laboratório, até a vontade progresso e bem-estar da sociedade.

A inteligência artificial (IA) e a sustentabilidade serão aqui tratadas para análise como discursos que, na , interpelam a química e seu ensino. Passamos do *in vitro* (práticas realizadas fora dos seres, mas que se remetem a eles e se realizam em tubos de ensaio e placas de Petry, com controle de variáveis e sob assepsia) no laboratório e das relações *in vivo* (práticas se realizam nos seres, com controle de variáveis e sob cuidados científicos) para um outro modo virtual o *in silico* (práticas de simulação, máquinas e autônomas). Esse movimento segue logicidades que demandam problematizações ao se construir uma política de planejamento e de construção, tanto dessa ciência quanto da educação pública na era da indústria 4.0. O termo *in silico*, apresentado por Candido e Loguercio (2023c, p.1034),

se refere aos estudos desenvolvidos em softwares computacionais, usando a matemática, a estatística, a engenharia e a computação em si...

In silico surge como uma expressão para designar tais processos e simulações que ocorrem no virtual/computacional, ao mesmo passo que outrora, os processos eram estudados *in vitro* – fora do corpo humano – ou *in vivo* – propriamente dentro do corpo humano.

Primeiramente, no intuito didático, precisamos entender os agenciamentos e as subjetividades que as máquinas produzem nos seres humanos, e, para isso, elegemos uma perspectiva teórica que perpassa os textos de Bruno Latour, Donna Haraway e Lucia Santaella. A contribuição desses autores e autoras modula as práticas científicas ao ponto de se configurar como uma outra ontologia para os seres e objetos, como efeito das suas próprias realidades, pois isso incide na sociedade em políticas de governo.

No entanto, ao investir em uma análise do saber enquanto discurso, buscamos Paula Sibilia e Michel Foucault que traçam uma analítica dentro do viés econômico, pensando na tecnociência e nos cortes neoliberais como formas produtoras de subjetividades, colocando tais sujeitos sempre em uma corrida tecnológica para uma constante atualização.

É sobre esses modos de se fazer ciência, sustentabilidade, indústria 4.0 e educação que queremos problematizar, e, para tanto, realizamos uma *arquivização*, conceito perspectivado teórica-metodológica por Julio Aquino (2019). Práticas de *arquivização* são uma *decoupage*, feita quando juntamos os resquícios do nosso objeto de pesquisa e constituímos seu arquivo analítico, em nosso caso, a história das máquinas, os elementos que as promovem e os efeitos nos mais diversos campos (programas de fomento, grupos de pesquisa que se aliciam e publicações em revistas). A *arquivização* pode ser uma investigação acontecimental, na proposta de analisar os marcos, as revoluções, os eventos, as disputas, ou seja, os *acontecimentos* são constituídos por elementos que articulam-se no arquivo analisado neste ensaio.

A imagem-montagem desse cenário contemporâneo torna-se um convite para analisar e pensar sobre as práticas construtoras desses sujeitos que são (ou serão) pós-humanos, sustentáveis e químicos/educadores.

4ª Revolução Industrial.

Se pensarmos um trajeto histórico para tais máquinas podemos citar no século XVII, uma máquina cujo vapor poderia realizar o que na ciência se entende por trabalho útil. A historiografia da Indústria é geralmente construída partindo das máquinas à vapor, pois inauguraram a primeira e grande Revolução Industrial, ocorrida no Século XVIII. Isto é, a máquina a vapor se constitui como *acontecimento* na história ocidental no século XVII, ainda que a primeira invenção (Eolípila) que utilizou o vapor tenha sido no ano de 120 a.C., criada pelo matemático Heron de Alexandria/Egito, e realizava um movimento de rotação. A máquina inventada por Denis Papin, no século XVII, conseguia realizar trabalho através de um fenômeno observado por ele mesmo - a elasticidade do vapor, pois a água ao ser aquecida, produzia um vapor que empurrava um êmbolo. Papin também inventou uma válvula de segurança que permitia ao excesso de vapor escapar, invenção que hoje usamos como panela de pressão. As chamadas máquinas térmicas, foram as precursoras para o surgimento das máquinas à vapor que constituíram todo um novo campo de estudo, a Termodinâmica.

A revolução industrial 1.0 utilizou a energia da combustão da água e a força elástica do vapor para mecanizar os processos do trabalho, porém o desenvolvimento de outras formas de energia, como as obtidas pela combustão do petróleo e da eletricidade transformaram a indústria otimizando os seus processos de produção, diminuindo o tempo para o fabrico de um produto e inaugurando o que conhecemos por produção em massa. Foi neste cenário que surgiram os modos de produção fordista, taylorista e toyotista. Essa otimização nos processos que iam além do mecanizar, visavam o aumento de produtividade e incidiram na divisão do trabalho, ocorrido no século XVIII, deram forma ao que é conhecido como Indústria 2.0. Nessa imagem-montagem, podemos perceber as subjetividades sendo agenciadas como a docilização e otimização dos corpos realizadas pelas práticas escolares, as

definições de família e de amor nas leis e normas sociais, reconstruindo e produzindo controle cotidiano.

A terceira revolução industrial, ocorre no século XIX, após o desenvolvimento dos primeiros computadores, quando estes passam a ser associados aos maquinários de produção, conferindo automação aos processos. A energia dos maquinários é majoritariamente elétrica, proveniente de hidroelétricas, termelétricas, parques eólicos e/ou de usinas nucleares. O que se inaugura é a inserção das tecnologias de informação, bem como a conectividade pela internet e a automatização/robotização nas linhas de produção, programadas à distância, ou não, mas na maioria por comandos dados aos computadores. Nossos processos urbanos, caseiros e do cotidiano, passaram a ser computadorizados devido a popularização e proliferação dessas tecnologias – eis o início da revolução digital: passamos dos modos de produção manual (Indústria 2.0) para os modos de produção digital e robotizado (Indústria 3.0). Esse processo se desenrola até os dias de hoje, pois em diversos lugares ainda não estão informatizados, ou não possuem conectividade com internet, ou além, lugares que possuem, mas são deficitários devido às questões de falta de infraestrutura, efeitos de uma inteligibilidade geopolítico/econômica/social.

O avanço tecnológico, no século XXI, se desenvolve partindo da fusão das diversas tecnologias, aumentando a conectividade entre as máquinas, criando compatibilidade entre o físico, intelectual, digital/virtual, biológico e eletrônico. Essa tecnologia que está emergindo, tem sido marcada pelo aumento de velocidade e de capacidade de troca, processamento e armazenamento de informações. Surgem outras formas de tecnologias e de matrizes energéticas, pois cada vez menos há cabos conectando os seres e as máquinas, a distância do comando já se torna irrelevante, ou seja, a intervenção humana nos processos é cada vez menor. Desse modo, além de tornar os processos de produção autônomos, estes beiram a autossuficiência e independência, uma autonomia completa, não apenas operacional, mas de comando, de planejamento, de organização e de tomada de decisões.

Na manufatura, ainda era o operário - e suas ferramentas - que realizava o trabalho e este dependia de sua capacidade física. A máquina substituiu a força motriz do ser humano para outras formas de energia, como a térmica/termodinâmica, e, desse modo, é ela que fabrica o produto, não mais o humano, deslocando-o para uma função de observação e controle do trabalho. Pouco a pouco, o trabalho era desvinculado das capacidades físicas do trabalhador (Andery et al., 2014).

Nas sociedades dos séculos XVIII e XIX, a burguesia foi a classe social que mais se beneficiou com a industrialização e por meio de diversas revoluções liberais, se opondo ao feudalismo, ao absolutismo, ao mercantilismo e à intervenção do Estado (máximo). A revolução industrial,

se, por um lado, ela tornou os ricos cada vez mais ricos, por outro, tornou os pobres cada vez mais pobres, em condições de vida extremamente precárias: moradias superlotadas, escuras, insalubres, jornadas de trabalho de até 16 horas diárias, condições alarmantes de trabalho, crianças fora da escola, trabalhando longos períodos, em péssimas condições. (Andery et al., 2014, p.260).

Muito se fala nos efeitos dos aspectos políticos e econômicos, mas um outro efeito se mostrou tardio, o aspecto ambiental, que, na nossa contemporaneidade, enfim pode ser comprovada a

responsabilidade das indústrias sobre a poluição e a destruição da natureza. Tal dificuldade, pode ter sido pelo imbróglio de que a natureza e a política são campos indissociáveis, oposto ao que pretendiam os críticos da modernidade (Latour, 1994, 2020).

O século XXI, é, irreversivelmente, a Era da 4ª revolução industrial, ou da Indústria 4.0, em que surgem os processos e as tecnologias inteligentes, autossuficientes, sustentáveis, que primam pela economia, uma maior produtividade, com baixo custo, com menor gasto de tempo, maior rendimento, utilizando os mais diversos recursos e técnicas, aumentando a conectividade e compatibilidade que for necessária, porém projetado por softwares a partir dos dados disponíveis. Logo, a Indústria 4.0 faz emergir a Ciência dos Dados, ou popularmente conhecida como Inteligência Artificial, pois é a partir dos dados/informações na rede, que os softwares inteligentes comandam, planejam e programam os processos e procedimentos que vão além, produzem novos dados e, por sua vez, conhecimento.

Esse trajeto do nascimento da inteligência artificial, enquanto força promotora, constituiu o problema de pesquisa, ou melhor, as problematizações possíveis, na atualidade, sobre uma interação entre humano e não-humano e sua dispersão pela química e pela educação em ciências. Que química será essa que advém da indústria 4.0? Quem são/serão os seus sujeitos? Não há respostas conclusivas, pois é uma ciência porvir, em construção, e, por esse aspecto, temos que analisar nossa posição nesse jogo de forças e de discussões, pois se torna necessário despertar a criticidade para além da roupagem que as maravilhas da tecnologia ponta parecem oferecer.

Sendo a sustentabilidade um apelo mundial, o tripé da sustentabilidade atravessa as ciências da natureza, em especial a Química, ao passo que, em 1991, a agência ambiental norte-americana (Environmental Protection Agency – EPA) lança um programa de incentivo à redução de poluição nas rotas sintéticas. Este foi o primeiro passo, segundo Eder Lenardão et al. (2003), para o nascimento da Química Verde, inclusive surgindo alguns anos depois, diversos programas de premiação.

Vânia Zuin et al. (2015) destacam que apesar do crescente número de trabalhos de pesquisa científica em Desenvolvimento Sustentável, e por sua vez, em Química Verde, nem sempre estes estão alinhados com a reflexão da prática científica e muito menos com os referenciais de educação. Os autores Zuin et al., pesquisaram as publicações, de 2002 a 2014, em cinco revistas de divulgação científica, resultando num total de 169 publicações tidas como química verde, destas apenas 16% estariam destinadas à formação de bacharéis e licenciados em química. Tal análise quantitativa dá conta da proliferação dos discursos, mas não das práticas que são efeitos e produção desses discursos e, tampouco, das estratégias de sua implementação.

É possível encontrar em alguns campos várias iniciativas em programas de sustentabilidade, que vão desde palestras até mudanças na produção e uso tecnológico. Mas se torna um desafio quando vai de encontro aos objetivos bem estabelecidos pelas indústrias químicas e de áreas correlatas. Uma das questões muito comentada por todos os entrevistados de Ingrid Silva et al. (2022) foi a necessidade da promoção da conexão entre universidade e indústria, pois as universidades e os centros de pesquisas são ambientes promotores de conhecimento e importantes criadores de soluções para problemas atuais. Contudo, muitas vezes esse conhecimento é (e fica) restrito à comunidade

acadêmica, carecendo de um movimento que traga soluções estratégicas e aplicáveis em nossa sociedade.

A Educação de Químicos para a Sustentabilidade, segundo a Silva et al. (2022), trata da formação de profissionais da Química em todos os níveis e modalidades, realizando uma articulação entre mercado e sustentabilidade. Um dos grandes desafios é o planejamento e a formação estratégica para articular as empresas e a sociedade.

A química é, em nossa contemporaneidade, fundamentada como uma ciência que ocorre *in vitro*, em experimentos que promovem a transformação da matéria/energia, por meio das mais diversas reações na bancada de um laboratório, nos reatores de uma indústria, nos cadernos e livros dos estudantes, nas mesas de negociação, na publicação de artigos e em qualquer espaço que se possa promover a transformação. É este o espaço que fortifica a imagem e que produz o sujeito químico, mas que, no entender dos discursos ecológicos, não está de acordo com a demanda da sustentabilidade, podendo até ser entendido como a “velha escola” e que culpabiliza os sujeitos com a chamada era antropocêntrica, mas que, ao mesmo tempo, vislumbra o horizonte de uma nova revolução industrial em porvir. Enfim, dos arquivos, dos projetos, dos gestores e das vontades do *in silico* parece se anunciar a morte de uma química *in vitro* e de um químico *in vivo*, *in carbo*.

Do devir-ciborgue ao cientista in silico.

Assim como a modernização promovida pelas máquinas industriais afetou o ambiente, as relações de trabalho e as relações sociais, a modernização promovida pelas máquinas inteligentes poderá, do mesmo modo, afetar não só estas relações, como também o próprio sujeito, conduzindo-o à condição de pós-humano. Os termos *pós-orgânico* e *pós-biológico*, designações propostas por Paula Sibilia (2015) e Roy Ascott (2003), respectivamente, implicam nas subjetivações dos seres quanto às modificações causadas pela inserção das máquinas no nosso cotidiano, necessárias para superar as nossas organicidades, causando uma hibridização nestes novos seres (Santaella, 2007). Neste ponto, a proposta de Lucia Santaella explicita a mutação que a tecnologia provocou na biologia, em dimensão antropológica e filosófica, e neste viés o termo *pós-humano* vai além da materialidade dos corpos.

Dentre os diversos empregos do termo *pós-humano*, Santaella (2007) salienta a convergência das tecnologias e dos seres humanos ao ponto de serem indistinguíveis, ou seja, uma desterritorialização do corpo humano, da memória que foi ao papel e do papel irá para o chip, essa fusão entre carbono e o silício, ou ainda, entre as mais diversas formas de carbono. Nosso sistema humano se constitui de ideias entrelaçadas, tanto por imagens, sons, emoções, aromas, paladar, e tudo ao mesmo tempo, a mimetização de nosso pensamento, em movimentos que nos deslocam entre os espaços físicos e virtuais, é um modo nômade, hiperconectados, hiper-híbridos (Candido & Loguercio, 2023b).

Estamos sendo sistematicamente preparados para as tecnologias, mas a adesão faz parte de emaranhados fios de estratégias que nos articulam e nos amarram cada vez mais em projetos biopolíticos. Antes a comunicação ocorria por cartas e por livros, a oralidade que podia ser registrada pela escrita, passou por telefone, passou para o celular e com os sistemas sem fio, libertou os humanos dos cabamentos e dos espaços fixos, passamos para a internet com os e-mails, chats/salas de bate-

papo, aplicativos diversos e mídias sociais. A internet emerge como um processo aparentemente fluido, fácil e que integra as práticas cotidianas, podemos pensar que desde o sistema de comunicação como a rádio e os aparelhos de televisão, uma outra linguagem híbrida que envolve som, imagem e texto escrito foi se tornando uma tecnologia de acesso ao mundo. É interessante perceber que ações cotidianas, como o uso do controle remoto, são aspectos próprios de uma nova fase estratégica que permitiu saltarmos entre um canal ao outro (*zapping*), otimizando o tempo e permitindo a alternância de pensamento. Desse modo, quando surgiu a internet, já estávamos adaptados a saltar pelas informações, buscando e criando conexões fugidias, mas nem por isso menos potencializadoras, pois a comunicação perpassa o comércio, as relações profissionais, as relações passionais, o compartilhamento de informações, ocorrendo em aplicativos e mídias sociais que interpela a todos cotidianamente (Santaella, 2021).

Nesse itinerário, a ciência também esteve se preparando para isso, usamos máquinas e instrumentos que eram operados manualmente, e se tornaram dispositivos programados e acionados remotamente. Toda a pesquisa e construção da ciência, tem sido relatada e documentada virtualmente na literatura científica que hoje está, quase na totalidade, no meio virtual. Estamos nos adaptando aos dispositivos miniaturizados, programados de qualquer lugar e de fácil adaptabilidade e interatividade entre as diversas plataformas. Hoje, tudo está na palma de nossas mãos e nem sempre requer o uso dos dedos – ultrapassando a era digital. Quase toda operação pode ser acionada por comandos de voz, vale lembrar que, principalmente nos aplicativos de mensagens, as mesmas já não são mais escritas, mas faladas/transcritas. Agora temos uma vocalização, expressão de humanidade, compartilhada com o *silício*.

Se a própria emancipação da química foi possível graças aos instrumentos e aos equipamentos - máquinas, o que há ainda que desenredar é quais serão os efeitos das tecnologias inteligentes nos laboratórios, já que cada vez mais estão se inserindo e se tornando fundamentais para o desenvolvimento do trabalho dos químicos. Em *Vida de Laboratório* (Latour & Woolgar, 1997) e *Ciência em Ação* (Latour, 2000), os autores mostram em seus estudos que os equipamentos e instrumentos são atores não humanos. Esses promovem modificações sociais, ainda que não sejam reconhecidas, pois os atores não são isobáricos, ou seja, não exercem a mesma pressão e nem possuem a mesma visibilidade, mas ainda sim, são fundantes e imprescindíveis para a execução das práticas científicas.

Alguns pesquisadores (Candido & Loguercio, 2023b), explicitam a tecnologia como uma extensão dos braços do cientista e a impossibilidade de retornar aos processos tradicionais, o cientista deve ser visto e entendido como um *Homo technologicus*, ou, outrossim, como um *ciborgue*, um híbrido, um simbiote de ser humano e de instrumentos e tecnologias. Como diria Tomaz Tadeu et al. (2009) e Nicolas Balutet (2016), estamos todos em um *devir-ciborgue*, somos todos *Homo technologicus*.

Apesar do termo *ciborgue*, do inglês *cyborg* (*cybernetic organism*), surgir por volta do ano de 1960, foi a partir dos estudos de Donna Haraway que o termo *ciborgue* passou a designar muito mais que um organismo, mas um espaço, uma (outra) identidade, uma ontologia, um refúgio. Está no rol das primeiras propostas que problematizaram a identidade humana, neste caso, pelas modificações que

as tecnologias podiam promover em nossos cotidianos e, sobretudo, nossos corpos e suas potencialidades (Hoquet, 2019).

O *devenir* está sempre em perpétuo movimento de desformar e (re)formar um conjunto de códigos próprios e signos, uma configuração que não imita, não é semelhante e nem é uma reprodução do outro, muito menos uma imaginação e nem uma identificação. O *devenir* é um tornar-se, um vir a ser outra realidade, cuja configuração é um complexo conjunto de enunciados que são colocados em movimento de um agenciamento: as partículas desejantes do inconsciente, a vontade de potência e os desejos, que fazem a simbiose entre dois elementos ou mais - uma multiplicidade co-funcionando numa rede/rizoma (Chauí, 2000; Deleuze & Guattari, 1995, 1997).

O químico nessa rede de desejo que articula um espectro de equipamentos, sem os quais é impossível realizar suas atividades, não pode ser tomado na totalidade de ser humano e nem da totalidade de ser máquina, o químico está no entre, entre o humano e a máquina, nas intensidades dos dois seres, ou seja, pode ser entendido como um *devenir-ciborgue* desde a sua constituição como cientista em seu fazer, ainda contemporâneo, de químico.

Há receios de um novo paradigma que ainda não se desenrolou nos espaços acadêmicos e que indagamos, até onde, estes discursos sustentáveis podem trair e promover a descartabilidade de uma profissão. No caso do químico, uma possibilidade é dada pela incrustação da inteligência artificial e da robotização em projetos de sustentabilidade. Tanto que, desde 1965, é conhecida a Inteligência Artificial dentro dos laboratórios de química e até hoje há alguns receios quanto ao uso, mesmo que ela se faça presente, e de modo crescente, nos espaços acadêmicos (Ball, 2019; Ley et al., 2015). Se os químicos são um *devenir-ciborgue*, em que intensidades a *indústria 4.0* está interpenetrando nestes sujeitos, ao ponto de que alguns se fazem resistentes aos processos de um novo paradigma?

Diversos estudos apontaram para a “economia capitalista e o modelo do neoliberalismo como promotores de uma série de tecnologias que moldam corpos e subjetividades” (Candido & Loguercio, 2023b, p. 1036). Michel Serres (2013) problematizava a educação com o advento dos computadores em nossos espaços de trabalho e no cotidiano doméstico. Sua análise se dava na ação das tecnologias como construtoras dos sujeitos em uma sociedade que se desenvolve pela comunicação e pela informação. Do mesmo modo, Santaella (2021) também se dedica a pensar na linguagem e na comunicação sendo moduladas pelo capitalismo e, por sua vez, como construtoras de subjetividades, porém fazendo referência ao momento da hiper-conectividade, que nos afeta em grande medida para estarmos em constante necessidade e estado de alerta em se atualizar e se conectar. Enquanto para estes antropólogos, a linguagem mediada pela tecnologia é um dos elementos que interpela e produz os sujeitos, para Sibilia (2012, 2015), o foco está nas instituições que disciplinam e controlam o nosso corpo. Uma vez que o avanço tecnológico se dá na otimização das potencialidades dos sentidos e dos fazeres humanos, o nosso corpo orgânico torna-se obsoleto frente às demandas do mercado competitivo, precisando estar em uma “atualização tecnológica permanente” (Sibilia, 2015, p. 12), ou seja, realizando o *upgrade*, ou como explana Santaella (2021), no modo *onlife*.

Na análise de Sibilia (2015), os projetos científicos podem ser entendidos (i) como programas que atendiam ao bem-estar e progresso social, ou (ii) como programas que promoviam desenvolvimento

e o progresso, mas atendiam principalmente os interesses particulares de um ou mais sujeito(s). O primeiro modelo foi definido pela autora como projeto prometeico e o segundo como projeto fáustico³. Nos estudos da autora, as novas tecnologias se inserem dentro dos programas fáusticos e por meio dos entendimentos *biopolíticos* propostos por Michel Foucault.

A *biopolítica* possui mecanismos que visam incidir a uma massa – população – e, desse modo, atuar nos fenômenos globais, por meio das instâncias estatais – principalmente, na qual surgem regras, leis, programas que visam a regulamentação de tal massa, com um viés de controle social. Além da massa/população, Foucault havia estudado, anteriormente, as tecnologias disciplinares e, nesse ínterim, tanto nos mecanismos disciplinares quanto nos mecanismos regulamentadores, o que circula é a norma, constituindo através desses dois eixos, o que se chamaria de sociedade normalizadora. Tais mecanismos vão incidir em programas de assistência social, leis de fomento, currículos acadêmicos, os programas de assistência de saúde pública, entre outros, que visam o controle, mais pontualmente, o controle social.

Segundo Foucault (1999, 2008), a gestão populacional ganha forma e entendimento que temos hoje a partir da troca de dois personagens: o aparecimento do *Homo economicus* deslocando o poder do soberano. Vamos definir o *Homo industrialis* como a fusão entre o *tecnologicus* e o *economicus*, fazendo surgir um polarizador, que orienta toda a porção tecnológica ao propósito produtivo, de aumento de capital e de lucros. Tal figura reúne em si os 4 eixos da sustentabilidade, pois articula pessoas, capital, ambiente e promove a subjetivação em outros indivíduos, de modo a agenciá-los aos seus programas, projetos e empresas (Candido & Loguercio, 2023c). A analítica de Foucault (2008) incide sobre o governo e suas práticas, pois,

O governo se interessa pelos interesses. O novo governo, a nova razão governamental não lida com o que eu chamaria de coisas em si da governamentalidade, que são os indivíduos, que são as coisas, que são as riquezas, que são as terras. Já não lida com essas coisas em si. Ele lida com estes fenômenos da política que precisamente constituem a política e os móveis da política, com estes fenômenos que são os interesses ou aquilo por intermédio do que determinado indivíduo, determinada coisa, determinada riqueza, etc., interessa aos outros indivíduos ou a coletividade (p. 62).

A *biopolítica* se entende a partir da entrada da verdade econômica e da fortificação do mercado como um ator social, instituindo uma lógica de governo pautada pela valoração, pelo utilitarismo e pelos interesses, isto é, a arte de governar as vidas é a articulação de uma razão governamental, cujo princípio é a economia política, que não incide mais sobre os corpos individuais, mas sobre toda uma coletividade.

³ A autora elabora uma ferramenta mítico-filosófica, remetendo ao mito grego de Prometeus e ao mito literário do Dr Faustos e Mephistopheles. Enquanto o mito de Prometeus se refere a entrega de uma tecnologia (fogo) para a humanidade, de modo a promover o seu desenvolvimento social/coletivo; o mito de Faustos se refere a uma negociação, a entrega e aquisições pretenciosas que não visam, em instância final, atender ao desenvolvimento social, mas ao lucro e interesses individuais ou de um estreito grupo.

Considerações Possíveis.

A problematização que geramos aqui quer enfatizar o quão desentendidos estamos do processo de sustentabilidade e humanidade, o quanto o fascínio pelo devir *in silico* impacta na existência da profissão de químico e da docência em química. Se o horizonte industrial é verde, cabe o questionamento feito por Guattari (1990), sobre problematizar se os agenciamentos e operadores ecológicos conseguem dar conta dos efeitos do capitalismo, pois o capitalismo pós-industrial foi uma estratégia produtora de subjetividade alicerçada na economia, na produção e consumo, e que agora interpela o ambiente (sustentável) e as máquinas (inteligentes) nesses processos de produção. As demandas dentro da química, não estão alheias a esse chamado, o que a coloca num projeto de química sustentável e inteligente que precisa ser problematizado.

O mundo *in silico* parte dos dados e esses se tornam um outro modo de capital quando virtualizamos as relações e os processos. Os dados passam a ser monetizados e as informações que outrora eram para compartilhamento e popularização passam a ser um modo de produção econômica em que o algoritmo trunca e faz fermentar mais do mesmo em alguns nichos, criando contornos molares em algumas sociedades, apreendendo e contendo seus sujeitos em uma bolha intelectual e com especificidade de produção.

Se este progresso é inevitável, haja vista o discurso tido como verdadeiro, cabe perguntar sobre tais interpelações, o que destas se dobram, distendem e redobram em nós?; quais são as linhas que delimitam os sujeitos e os espaços e que estrategiam um modo de disciplinar e de controlar seus sujeitos?; quais devires e quais pensamentos-outros, se são da diferença e da multiplicidade, como eles podem emergir frente aos algoritmos e a capitalização dos dados?; como ser diferente se estamos em um processo de normatização?; se somos assujeitados ou subjetivados, se estamos acelerando ou alienando, haverá como escapar desses sistema?

Não há como pensar o social e o científico separadamente nem mesmo descartar a incidência que as tecnologias realizam nos sujeitos, cujas práticas produzem subjetividades e proficuamente a materialidade dos corpos.

Temos uma política de existência em um momento de Ciência dos Dados, pois há claramente um movimento mundial, nacional, regional e local na química (especificamente por ser nosso campo de estudo) que estrutura programas e projetos em um tempo/espaço e a IA é a peça chave para uma articulação possível. No entanto, como vimos há mais do que o adaptar-se, o capacitar-se, o onlizear-se, há uma elisão do ser *in vivo*, há uma maquinização, mas ainda nos falta a crítica, ou talvez o tempo para a crítica.

Vivemos a educação e a química com elementos estrategicamente dispostos em um campo de forças que entram em ressonância para modular uma nova ciência. Isso pode ser pensado quando se entende as discursividades isoladamente, da sustentabilidade e a das tecnologias *pós-humanas*, mas que juntas formam os futuros cursos (inteligentes e sustentáveis), futuros grupos de pesquisa, futuras universidades, escolas e indústrias e que, por sua vez, implicam numa estratégia de governo.

Referencias bibliográficas

- Andery, M. A. (org), Micheletto, N., Sério, T., Rubano, D. R., Moroz, M., Pereira, M. E., Gioia, S. C., Gianfaldoni, M., Savioli, M. R., e Zanotto, M. (2014). Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica. 4ª ed. Rio De Janeiro: Garamond.
- Aquino, J. G. (2019). Educação pelo Arquivo. São Paulo: Ed. Intermeios.
- Ascott, R. (2003). Telematic Embrace. Visionary Theories of Art, Technology, and Consciousness. Berkeley, University of California Press.
- Ball, P. (2019). Are synthetic chemists out of a job as AI meets automation? Chemistry World. Acessado em 04 de jun de 2021, às 22h. <https://www.chemistryworld.com/news/are-synthetic-chemists-out-of-a-job-as-ai-meets-automation/3010812.article>
- Balutet, N. (2016). Du postmodernisme au post-humanisme: présent et futur du concept d'hybridité. Babel. Littératures plurielles, n. 33, p. 19-47.
- Candido, J. G. & Loguercio, R. Q. (2023a). Educação 4.0: a estética pós-humana na educação em ciências. Perspectivas em Diálogo: Revista de Educação e Sociedade, v. 10, n. 24, p. 181-198. <https://doi.org/10.55028/pdres.v10i24.18032>
- Candido, J. G. & Loguercio, R. Q. (2023b). HAVERÁ ESPAÇO PARA O HUMANO NA ERA DA QUÍMICA IN SILICO?. Química Nova, v. 46, p. 1031-1039. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230081>
- Candido, J. G. & Loguercio, R. Q. (2023c). Homo industrialis: urgência de um intelectual específico na indústria 4.0. XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). Anais eletrônico [...]. Goiás: UEG. https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enpec/2023/TRABALHO_CMIDENT_EV181_MD1_ID2634_TB911_15112022184339.pdf
- Chauí, M. (2000). Convite à filosofia. Ed. Ática.
- Deleuze, G. & Guattari, F. (1995). Mil platôs: capitalismo e esquizofrenia, v. 1.
- Deleuze, G. & Guattari, F. (1997). Mil platôs: capitalismo e esquizofrenia, v. 4.
- Foucault, M. (1999). Em defesa da Sociedade: curso dado no Collège de France (1975-1976). São Paulo: Editora Martins.
- Foucault, M. (2008). Nascimento da Biopolítica: curso dado no Collège de France (1978-1979). São Paulo: Editora Martins.
- Guattari, F. (1990). As Três Ecologias. Trad. Maria Cristina F. Bittencourt. Campinas, SP: Papirus.

- Hoquet, T. (2019). *Filosofia ciborgue: pensar contra os dualismos*. Tradução Marcio Honório de Godoy. São Paulo. Editora Perspectiva.
- Latour, B. (1994). *Jamais fomos modernos: Ensaio de Antropologia assimétrica*. Trad. Carlos Irineu da Costa. Rio de Janeiro: Editora 34.
- Latour, B. (2000). *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. (Trad. Ivone C. Benedetti). São Paulo: UNESP.
- Latour, B. (2020). *Onde aterrar?: Como se orientar politicamente no antropoceno*. Bazar do Tempo Produções e Empreendimentos Culturais LTDA.
- Latour, B. & Woolgar, S. (1997). *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos*. (Trad. Andela Vianna). Rio de Janeiro: Relume Dumará.
- Lenardão, E., Freitas, R. A., Dabdoub, M. J., Batista, A. C. F., & Silveira, C. D. C. (2003). Green Chemistry - Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, v. 26, n. 1, p. 123-129.
- Ley, S. V., Fitzpatrick, D. E., Ingham, R. J., & Myers, R. M. (2015). Organic synthesis: march of the machines. *Angewandte Chemie International Edition*, 54(11), p. 3449-3464.
- Santaella, L. (2007). Pós-humano: por quê?. *Revista USP*, n. 74, p. 126-137.
- Santaella, L. (2021). *Humanos hiper-híbridos: linguagens e cultura na segunda era da internet*. Paulus Editora.
- Serres, M. (2013). *Polegarzinha*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Sibilia, P. (2012). *Redes ou Paredes: a escola em tempos de dispersão*. 1ª ed. Trad. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Editora Contraponto.
- Sibilia, P. (2015). *O homem pós-orgânico: a alquimia dos corpos e das almas à luz das tecnologias digitais*. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ: Contraponto.
- Silva, Ingrid. F., Nascimento, P. H., Lago, R. M., Ramos, M. N., Galembeck, F., Rocah Filho, R. C., & Teixeira, A. P. C. (2022). Movimento Química pós 2022: construção de um plano de ação para que a Química e Seus Atores impactem a Sustentabilidade e Soberania no Brasil. *Química Nova*, 45, 497-505.
- Tadeu, T. (org.), Haraway, D., & Kunzuru, H. (2009). *Antropologia do ciborgue: as vertigens do pós-humano*. 2ªed. Belo Horizonte: Autêntica.

Zuin, Vânia G., Marques, C., Roloff, F., & Vieira, M. (2015). Desenvolvimento Sustentável, Química Verde e Educação Ambiental: o que revelam as publicações da SBQ. *Revista Brasileira de Ensino de Química*, v. 10, n. 1, p. 79-90.