

Diseño de juegos y las inteligencias biológicas, computacional y humana: mapeando relaciones

Daniela Munhoz⁽¹⁾, André Demaison⁽²⁾, Marisa Franco⁽³⁾,
Guilherme Brante⁽⁴⁾ y Rafael Lima⁽⁵⁾

Resumen: En la última década, el campo del diseño de juegos ha experimentado diversas iteraciones con una amplia gama de áreas. Con los juegos cada vez más establecidos como un medio con un gran potencial tanto para el entretenimiento como para el aprendizaje (Aprendizaje Basado en Juegos) y la intervención (Intervención Basada en Juegos), investigaciones recientes muestran un creciente potencial para utilizar este artefacto como un instrumento para comprender las evoluciones técnicas. En respuesta a esto, el propósito de este artículo es reflexionar sobre la viabilidad del uso de juegos con diseño bioinspirado para satisfacer las demandas de comprensión de varios aspectos de la inteligencia humana, como las inteligencias artificiales (IA). Considerando el juego como un producto creado para articular la cognición humana de manera controlada hacia un proceso específico capaz de generalizarse en experiencias cotidianas, proceso que puede involucrar la cognición a niveles perceptivos, socioemocionales y puramente cognitivos, utilizarlo como punto de partida para construir un razonamiento sobre las inteligencias biológicas y artificiales permite la aprehensión directa e indirecta de este fenómeno para desalienarlo. El estudio se propone a partir de una revisión bibliográfica narrativa y el análisis de elementos similares, donde se observa, por un lado, el uso de elementos de inspiración biológica en la creación de algoritmos a través de una propuesta gamificada y en mecánicas y dinámicas generativas de juegos analógicos y digitales. Al comparar la potencialidad de aplicación de los procesos biológicos y la potencialidad de aplicación de los juegos para la comprensión, se concluye recomendando estudios más profundos en la computación bioinspirada para su correcta aplicación en el diseño de comprensión de las IAs, ya que el uso de estos elementos puede contribuir a maximizar la comprensión del significado.

Palabras clave: Diseño de juegos - Inteligencia humana - Bioinspiración - Inteligencia Artificial

[Resúmenes en castellano y en portugués en las páginas 320-321]

⁽¹⁾ **Daniela Munhoz**, Doctora en Diseño por la UFPR. Profesora del Departamento de Diseño de la UFPR. Maestría en Antropología Social por la UFPR. Especialización en Infografía por la PUC-PR. Licenciatura en Comunicación Visual por la UFPR. Investigación en Game Design-GBI+T (Game Based Intervention Therapy).

(2) **André Demaison**, Doctor en Diseño por la UNESP-Bauru. Profesor en colaboración técnica en la Universidad Federal de Paraná (UFPR). Graduado en Diseño Industrial con énfasis en Diseño de Producto por la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro (PUC-Rio), Master en Diseño también por la PUC-Rio y Especialista en Ergonomía por la Universidad Federal de Maranhão (UFMA). Investigación en game design y Game Based Intervention.

(3) **Marisa Franco**, Licenciada en Comunicación Social con especialización en Periodismo por la Universidad Metodista de São Paulo, con estudios de Informática Biomédica en la Universidad Federal de Paraná y especialización en Gestión de Proyectos Culturales en la Universidad de São Paulo (USP). Ha realizado un curso de extensión en Comunicación Científica en el Centro José Reis de Comunicación Científica, también en la ECA/USP. Investiga en las áreas de HCI, bioinformática, computación de alto rendimiento e ingeniería biomédica.

(4) **Guilherme Brante**, estudiante de maestría en Psicología en la UFPR, licenciado en Griego, Literatura Clásica y Literatura Portuguesa en la UFPR. Investigación en Juegos Analógicos aplicados a la Intervención Neuropsicológica y GBI+T (Game Based Intervention Therapy).

(5) **Rafael Lima**, Graduado en Diseño Gráfico (Universidad Federal de Paraná). Realizando proyectos e investigaciones basadas en juegos digitales y analógicos.

1. Introducción

El desarrollo de juegos implica, entre otros aspectos, la necesidad de crear desafíos e incertidumbres para el jugador. La incertidumbre genera una expectativa que mantiene al jugador alerta. Dado que el juego es una máquina de estados (*state machine*) (Salen y Zimmerman, 2004), hay una alternancia entre la jugada del jugador y la respuesta del sistema. Por lo tanto, el jugador elige, realiza una acción y espera que el sistema realice otra acción, llevando así el juego a un nuevo estado o posición. Durante estas interacciones, el jugador adquiere conocimiento sobre el juego, mejorando sus habilidades y el sistema presenta desafíos más complejos. Cuando los desafíos crecen a la par de las habilidades adquiridas por el jugador, se alcanza un estado de flujo (*flow*) (Csikszentmihalyi, 2020).

Para lograr un buen juego, uno de los enfoques posibles es la creación de obstáculos o desafíos, como adversarios que tienen sus propias acciones, ya sean humanos o no humanos (Personajes No Jugables-PNJs). Según Cherobim *et al.* (2016), los PNJs son personajes controlados por computadora para interactuar con el jugador, sobre los cuales el jugador no tiene control. Los PNJs son de gran importancia en el juego, al igual que la manera en que aparecen en el juego. En este artículo se presentará el concepto de “spawn” como un mecanismo de generación de PNJs.

La implementación de acciones en PNJs en juegos digitales apunta, en la actualidad, al desarrollo y uso de inteligencias computacionales (o IA) aplicadas a los personajes, para permitirles decidir sus acciones en base a posibles reacciones a los movimientos del jugador. Por otro lado, en juegos de mesa, el uso de IA fue analizado por Carvalho (2004), quien considera esta modalidad como una forma pura y abstracta de competición que requiere inteligencia y, por lo tanto, es susceptible al desarrollo de IA con acciones y movimientos capaces de desafiar al ser humano.

Por consiguiente, se puede afirmar que los PNJs tienen la capacidad de tomar decisiones, lo cual se compara constantemente con la inteligencia humana. Este punto coincide con la afirmación de Gobete Filho y Lucca Filho (2022, p. 343), quienes sostienen que “las computadoras equipadas con programas del campo de la Inteligencia Artificial, IA, son capaces de realizar tareas como autómatas con habilidad y autonomía en diversas áreas del conocimiento”.

Así, este artículo busca, en primera instancia, relacionar los conceptos de inteligencia y bioinspiración para la creación de IAs en juegos. A través de un análisis exploratorio, el estudio ofrece una revisión no sistemática de la literatura para desarrollar una discusión sobre la aplicación de las IAs en juegos, así como presentar ejemplos de juegos con mecánicas y personajes bioinspirados, incluido el sistema de “spawn”.

2. Referencial Teórico

2.1. Las inteligencias

Con el objetivo de establecer relaciones entre la inteligencia biológica (fuente para la bioinspiración), la inteligencia computacional (IA) y la inteligencia humana, se ha desarrollado una definición genérica de inteligencia.

La inteligencia puede ser comprendida como la capacidad de organizar y procesar información que promueve acciones con resultados beneficiosos. Bajo esta definición, los elementos biológicos se organizan y actúan promoviendo la vida, los seres humanos actúan a través de su procesamiento mental y las máquinas ejecutan tareas a partir de programaciones incorporadas en ellas. A partir de esta premisa común, se avanza hacia la identificación de especificidades entre los diferentes tipos de inteligencia.

2.1.1. Inteligencia humana

Entre los seres humanos, comúnmente se considera inteligentes a aquellos que demuestran la capacidad de aprender y realizar tareas complejas, como resolver problemas lógicos, cálculos difíciles, expresiones lingüísticas elaboradas, creaciones artísticas o la habilidad para relacionarse o resolver algún tipo de problema. De este modo, se observa la inteligencia humana a través de sus logros pragmáticos (Seminerio, 2002). Desde otro punto de vista, se observa una particularidad de la inteligencia humana, que se manifiesta en acciones y comportamientos impregnados de significado (Seminerio, 1995), tales como cuestionar su existencia, su origen, su propósito en este mundo. En este sentido, la inteligencia humana

se aplica tanto a cuestiones objetivas como a subjetividades, siendo esta última un aspecto que distingue la inteligencia humana de las otras inteligencias (biológica y computacional).

La perspectiva filosófica sobre la inteligencia se alinea con un enfoque pragmático, señalándole como la capacidad de actuar sobre la materia: más que simplemente generar elucubraciones mentales, se trata de la habilidad para transformar la materia en herramientas (Bergson, 1944). Estas definiciones son amplias y combinan objetividad y subjetividad.

En una visión más sistemática, la definición clásica de inteligencia para la psicología era el concepto de Dominio General (Factor G), donde la inteligencia se veía como una habilidad más general, responsable de todas las acciones humanas, en mayor o menor medida (Terman, 1925). Según esta teoría, algunas personas tendrían más de esta habilidad y otras menos, lo cual se podía medir mediante una escala comúnmente conocida como CI (Cociente Intelectual). Es importante señalar que, en esta definición, la inteligencia era considerada como una habilidad única, monolítica, que abarcaba todas las dimensiones de las interacciones humanas con el entorno.

Esta visión se amplió en 1983, cuando el psicólogo Howard Gardner cuestionó el concepto entonces establecido de inteligencia (formulado en esa época como “la capacidad de dar respuestas concisas, de manera rápida, a problemas que requieren habilidades lingüísticas y lógicas”), reinterpretándolo como “la competencia cognitiva humana se describe mejor en términos de un conjunto de capacidades, talentos o habilidades mentales que denominamos inteligencias”. El psicólogo agregó que la facultad general de la inteligencia, G, no cambia con la edad y varía muy poco con el entrenamiento o la experiencia, siendo un atributo o facultad innata del individuo. Gardner desarrolló el concepto de inteligencias múltiples, ampliando la definición a “una inteligencia implica la capacidad para resolver problemas o crear productos que son importantes en un entorno o comunidad cultural determinados” (Gardner, 1995). Se puede afirmar que a partir de este concepto se piensa en niveles diferentes para capacidades diversas de los individuos.

La psicología contemporánea comprende la inteligencia general como “un sistema organizado de habilidades cognitivas que están interrelacionadas, es decir, comparten una varianza común” (Marino y Alves, 2018). La inteligencia implica la organización de diversas habilidades, lo que incluye factores amplios como: inteligencia fluida (Gf), inteligencia cristalizada (Gc), conocimiento adquirido (Gq), lectura y escritura (Grw), memoria de corto plazo inmediato (Gsm), procesamiento visual (Gv), procesamiento auditivo (Ga), capacidad de almacenamiento y recuperación de memoria a largo plazo (Glr), velocidad de procesamiento y rapidez de toma de decisiones (Gt) (Primi y Nakano, 2015). Así como factores relacionados con habilidades específicas, como: razonamiento inductivo y cuantitativo; comprensión verbal y desarrollo del lenguaje; memoria asociativa y visual; relaciones espaciales y percepción de formas; discriminación de sonidos y musicalidad; originalidad y fluidez verbal; aptitud numérica y percepción de velocidad; tiempo de reacción y velocidad de procesamiento semántico, entre otros (Alves, Pacanaro y Leme, 2011).

Un punto relevante para la conceptualización de la inteligencia, tanto desde la perspectiva filosófica como desde la psicológica, es lo que, desde un enfoque vinculado a la neuropsicología, se denomina la diferencia entre Inteligencia y Cognición: la cognición puede categorizarse como la conjunción de procesos mentales utilizados en el procesamiento

de la información recibida por los procesos sensoriales y perceptivos (Münste *et al.*, 2000), mientras que la Inteligencia implica aprendizaje y acción sobre esos procesos. En este sentido, tanto la perspectiva que considera la inteligencia como la capacidad de utilizar los materiales circundantes como herramientas (Bergson, 1944), como la inteligencia como la capacidad de resolver problemas (Gardner, 1995), son corroboradas.

Esto plantea una cuestión diferente para la comprensión de los procesos mentales involucrados en la inteligencia: ¿la capacidad para lidiar con elementos que obstaculizan la realización de la acción también participa en los procesos inteligentes? Estos elementos no son solo cognitivos, sino que también interactúan con procesos emocionales y comportamentales del individuo: por ejemplo, la definición de la frustración como un estímulo que impide la realización de una acción debido a un obstáculo (Rosenzweig, 1945). Si la frustración es un obstáculo para la realización, la capacidad para lidiar con ella está directamente relacionada con el concepto de inteligencia. Por lo tanto, la tolerancia a la frustración forma parte de la capacidad de inteligencia de este individuo y es una competencia intrapersonal, es decir, relacionada con la capacidad de autoconocimiento o autocontrol. Otras capacidades de realización también se vinculan con competencias puramente cognitivas: habilidades para interactuar con los demás, por ejemplo, lo que se conoce como dominio de las habilidades interpersonales, y cuestiones de autoconocimiento y autorreflexión como competencias intrapersonales (Pellegrino *et al.*, 2012).

En cuanto al enfoque sobre la inteligencia humana, muy relevante para el estudio de los juegos, se encuentra la teoría del flujo (*flow*) (Csikszentmihalyi, 2020). En ella, el autor describe un estado mental de completa inmersión en una actividad, en el cual la persona experimenta una sensación de alegría, desafío y control. Propone que el flujo ocurre cuando las habilidades de una persona son desafiadas pero no superadas por una tarea o actividad. En este estado, la persona está completamente concentrada en la tarea, pierde la noción del tiempo y del espacio, y experimenta una sensación de unidad con la tarea. Este enfoque es particularmente útil cuando se observa la actividad de jugar.

Así, la persona humana, por un lado, es un ser biológico que tiene una existencia material. Por otro lado, está dotada de una inteligencia sofisticada que pretende dar sentido a sus actividades, con imaginación, creatividad, creencias, emociones, capacidad de reflexión, empatía, que se aburre con repeticiones infinitas, que promueve cambios en el entorno, que comete errores e inventa cosas. En esta condición, el ser humano, al observar los biomas, se inspira y crea cosas artificiales. Entre sus creaciones, una se está destacando, ya que parece tener vida propia, autosuficiencia y, tal vez, autoaprendizaje: la inteligencia artificial (IA). Este artículo busca explorar aspectos de la inteligencia de la naturaleza, fuente de bioinspiración, aspectos de la inteligencia computacional y aspectos de la inteligencia humana que configuran el escenario intrigante y desafiante en la contemporaneidad.

2.1.2. Inteligencia biológica

El concepto de inteligencia en el ámbito biológico se refiere a la capacidad de las células en organismos complejos para organizarse y procesar información, promoviendo así el mantenimiento de la vida. En un sentido más amplio, los seres vivos no humanos, como las plantas y los animales, muestran inteligencia al realizar tareas complejas, que van desde intercambios químicos hasta el funcionamiento de órganos y la locomoción, entre muchas

otras actividades. A pesar de algunas reservas por parte de pensadores contemporáneos para abordar la inteligencia biológica (Hui, 2021), la perspectiva evolutiva muestra que, en 3.500 millones de años (Raven *et al.*, 2016), la especie humana es la única en la que la inteligencia fue la estrategia natural de preservación de la especie. En este sentido, existen estrategias mucho más frecuentes (convergencias adaptativas, Lohsos y Mahler, 2010) y bien resueltas que ofrecen una idea de lo que puede ser llamada inteligencia biológica, y que podrían (y deberían, como estrategias adaptativas mejor resueltas) ser utilizadas.

2.1.3. Inteligencia artificial e inteligencia computacional

El campo de la inteligencia artificial (IA) se configura actualmente como uno de los más amplios de la computación y cuenta con numerosas aplicaciones emergentes, en gran medida debido al crecimiento del poder de procesamiento computacional y almacenamiento de datos logrado en las últimas dos décadas. Su enfoque no se limita solo a la comprensión de entidades inteligentes, sino que también abarca el desarrollo de entidades inteligentes: “máquinas que pueden computar cómo actuar de manera efectiva y segura en una amplia variedad de nuevas situaciones” (Russel y Norvig, 2022, p. 1). Según Langdon *et al.* (2008, p. 5), un aspecto central para la IA es “hacer que las computadoras sean capaces de resolver problemas de manera automática”.

2.1.3.1. Inicios de la IA y enfoques conceptuales

El trabajo realizado por Warren McCulloch y Walter Pitts (1943) es reconocido como el primero en la historia de la IA (Russel y Norvig, 2022). McCulloch y Pitts propusieron un modelo de neuronas artificiales, que podrían estar “encendidas” o “apagadas”, conectadas en una red. La activación de una neurona ocurría como respuesta a la estimulación por parte de un número suficiente de otras neuronas vecinas a ella. Este trabajo estuvo inspirado en investigaciones anteriores de modelado matemático realizadas por Nicolas Rashevsky (orientador de Pitts) y se basó directamente en tres áreas distintas de conocimiento: fisiología básica, bioinspirada por el funcionamiento de las neuronas en el cerebro; matemáticas, con un análisis de la lógica proposicional creada por Alfred North Whitehead y Bertrand Russell; y la teoría de la computación de Allan Turing (Russel y Norvig, 2022). Fue Turing (1950), de hecho, quien publicó el primer estudio centrado exclusivamente en inteligencia artificial, llamándola inteligencia de máquina.

McCulloch y Pitts (1943) demostraron que todos los operadores lógicos, como Y, O, NO, SI y SOLO SI, entre otros, podrían ser implementados por estructuras de redes simples y que cualquier función computable podía ser calculada por una red de neuronas conectadas. Los autores también sugirieron que, si se definían adecuadamente, estas redes serían capaces de aprender.

Para Turing (1950), lo correcto era especular si las máquinas podían comportarse como humanos, y no si podían pensar, ya que “pensar” es un concepto difícil de definir. Turing propuso una prueba para un juego común en ese momento, llamado “Juego de la Imitación”, en el que una persona fingía ser otra, involucrando a un ordenador, un ser humano y comunicación escrita. Esta prueba es conocida como la prueba de Turing. Cuantas más preguntas pudiera responder el ordenador en 5 minutos sin que su interlocutor sospechara que estaba “conversando” con una máquina, más cerca estaría de un ser humano. El pro-

grama pasaría la prueba si engañara al interrogador el 30% del tiempo (Russel y Norvig, 2022). Es importante señalar que el enfoque no estaba en dar respuestas correctas, sino en emular el comportamiento humano.

A pesar de que todavía se usa como un instrumento de rendimiento de la IA, hay filósofos que afirman que pasar la prueba de Turing solo denota una simulación del pensamiento por parte de la máquina. Sin embargo, la mayoría de los investigadores de IA no están preocupados por definir si las computadoras son capaces o no de pensar (Russel y Norvig, 2022). El científico informático Edsger Dijkstra (1984), por ejemplo, fue categórico al decir que saber si las máquinas pueden pensar es tan relevante como saber si los submarinos pueden nadar. Más allá de los cuestionamientos sobre las capacidades de la computadora para “pensar”, a los investigadores de IA les interesa saber qué problemas pueden resolver las aplicaciones, con qué precisión, exactitud, velocidad, limitaciones, utilizando qué recursos y en qué campos pueden superar las capacidades humanas para crear soluciones. Por lo tanto, como explican Russel y Norvig (2022), hay dos posibilidades de comprensión de lo que es inteligencia que tienen repercusiones en el concepto de IA: fidelidad al rendimiento humano; y racionalidad, una definición más abstracta y formal de inteligencia que se puede simplificar como hacer lo “correcto”. Según los autores, también existe otra dualidad relacionada con la inteligencia que se refleja en las investigaciones de IA. Es posible considerarla como un proceso interno, vinculado a los pensamientos/raciocinio. O ver la inteligencia como algo externo, enfocado en el comportamiento inteligente. Las cuatro combinaciones resultantes de estas dualidades forman cuatro enfoques distintos que cuentan con seguidores y dan lugar a diferentes campos de estudio en IA.

La creación del término “inteligencia artificial” se atribuye a John McCarthy (RUSSEL y NORVIG, 2022), del Dartmouth College, quien convenció a sus colegas en 1955 para organizar un seminario de investigadores en los Estados Unidos con el objetivo de discutir autómatas, redes neuronales y el estudio de la inteligencia. El seminario se llevó a cabo en el verano de 1956. McCarthy utilizó el término “inteligencia artificial” en la invitación al evento, que pretendía ser un intento de “descubrir cómo hacer que las máquinas usen el lenguaje, formen abstracciones y conceptos, resuelvan los tipos de problemas actualmente reservados para los seres humanos y se perfeccionen” (McCarthy *et al.*, 1955). Los resultados de este encuentro no produjeron grandes innovaciones. Sin embargo, el seminario se considera un hito por acuñar el término IA.

Según Russel y Norvig (2022), el filósofo John Searle distinguió en 1980 lo que llamó IA débil, máquinas actuando como si fueran inteligentes, y lo que denominó como IA fuerte, la afirmación de que las máquinas de IA que lo logran son autoconscientes, en lugar de simplemente simular el pensamiento. Este término IA fuerte con el tiempo se comenzó a llamar “IA de nivel humano” o “IA general” y se refiere a aplicaciones capaces de resolver una amplia variedad de tareas, incluyendo problemas nuevos, tan bien como los humanos. Es la llamada “superinteligencia”, tan difundida en la actualidad, que fascina a una gran parte de los usuarios en la misma medida que los asusta: ¿quién no ha pensado en la posibilidad de ser reemplazado por un robot?

Entre las subáreas más populares de la IA en la actualidad se encuentran el aprendizaje automático (*machine learning* - ML), las redes neuronales artificiales y el aprendizaje profundo (*deep learning* - DL), el procesamiento del lenguaje natural (*natural language*

processing - NLP), la visión computacional, la robótica, los sistemas expertos, el reconocimiento de patrones y la IA conversacional. Estos campos están en constante evolución, y la intersección entre ellos a menudo conduce a avances significativos en el campo de la inteligencia artificial.

2.1.3.2. Inteligencia computacional o computación bioinspirada

Comúnmente considerada una rama de la IA, la inteligencia computacional (IC) se enfoca en la teoría, el diseño, la aplicación y el desarrollo de paradigmas computacionales inspirados en procesos naturales, ya sean humanos u otros sistemas biológicos, para resolver problemas complejos del mundo real (SBIC, 2021; IEEE CIS, 2023). También se le conoce como computación bioinspirada, computación natural o *soft computing*. Se diferencia de la IA “clásica” al no utilizar soluciones inspiradas en el razonamiento humano, sino en crear abstracciones a partir de modelos basados en otros aspectos biológicos/naturales.

Los tres pilares principales de la IC son las redes neuronales, los sistemas difusos y la computación evolutiva. Sin embargo, es un campo en constante evolución que abarca otros paradigmas de computación como la inteligencia ambiental, la vida artificial, el aprendizaje cultural, las redes endocrinas artificiales, el razonamiento social y las redes hormonales artificiales (IEEE CIS, 2023). Según la entidad, “la inteligencia computacional desempeña un papel importante en el desarrollo de sistemas inteligentes exitosos, incluyendo juegos y sistemas de desarrollo cognitivo” (IEEE CIS, 2023).

Duch (2007) considera que la IC no tiene fundamentos amplios y señala que los investigadores defienden un cambio de enfoque en los métodos para problemas desafiantes, considerados no algorítmicos. Según este enfoque, la IA sería una parte de la IC centrada en resolver problemas relacionados con funciones cognitivas superiores, mientras que otros investigadores de la IC trabajarían con funciones cognitivas inferiores, relacionadas con la percepción y el control.

2.2. Elementos para el diseño de juegos

Diseñar juegos es una actividad compleja. Es una tarea que requiere que el diseñador establezca numerosas relaciones, ya sea con el propio sistema de juego, con el público al que desea brindar experiencias y provocar emociones, o con el contexto histórico-cultural en el que está inmerso. Este artículo presenta los elementos de Personajes No Jugables (PNJ) y el concepto de “spawn”, un mecanismo de generación y distribución de estos PNJs en el entorno del juego.

2.2.1. PNJs - Personajes No Jugables

Teniendo en cuenta las necesidades de los juegos de proporcionar desafíos a los jugadores, se aborda aquí el concepto de Personajes No Jugables - PNJs. Son personajes que forman parte del juego, sirviendo como desafíos, obstáculos, enemigos o incluso compañeros durante el transcurso del juego. En el caso de los juegos digitales, para que realmente exista un desafío proporcionado por los PNJs, se hace necesario el uso de inteligencia artificial. Según lo observado por Cherobin *et al.* (2016), la mayoría de las técnicas de IA implemen-

tadas actualmente son suficientes para que los PNJs alcancen sus objetivos. Sin embargo, los autores también afirman que, en muchas ocasiones, el comportamiento de los PNJs tiende a volverse bastante predecible, lo que puede, naturalmente, generar una sensación de decepción en el jugador.

Por lo tanto, la creación de PNJs, especialmente en juegos más actuales, cada vez más requiere emular comportamientos reales, ya sean humanos o no. En este caso, el estudio y el uso consecuente de inteligencias bioinspiradas son acciones importantes a tomar, con el fin de proporcionar una sensación de inmersión y realismo al jugador. Además, existen comportamientos que, de cierta manera, muestran el paralelismo entre los PNJs y la realidad fuera de los juegos, como por ejemplo, el “spawn”, que se aborda más detalladamente en el siguiente tema.

2.2.2. Spawn

El término “spawn”, en el contexto de los juegos, se entiende como un sistema de generación y propagación de PNJs, MOBS o elementos que se incorporan a los juegos para crear tensión. La palabra, en inglés, significa “desovar” y sirve como un concepto para el diseño de juegos, en el sentido de implantar y propagar elementos para desafiar a los jugadores. Esta terminología ya apunta en su etimología hacia el proceso de bioinspiración que dio origen a la mecánica: el proceso de eclosión de larvas de insectos en lugares inesperados (sin la aparente intervención de un individuo externo) es una imagen particularmente potente, e incluso fue objeto de debate durante siglos en los primeros estudios de biología (el debate entre Biogénesis y Autogénesis, o Abiogénesis - Raven *et al*, 2016). Esta mecánica simula la eclosión de las larvas con los elementos del juego, partiendo de un objeto en el juego (este punto de propagación sería equivalente al insecto hembra que genera los huevos) o incluso a través de la programación del sistema, sin ningún objeto generador, en una simulación de abiogénesis.

Según Barthe (2003), el concepto de spawn surgió en el juego basado en texto llamado Avatar (PLATO Programmed Logic for Automatic Teaching Operations, 1979). Este juego fue desarrollado por un grupo de estudiantes y se volvió popular en ese momento. Barthe menciona que el juego introdujo la mecánica de generar y repoblar automáticamente áreas donde los jugadores eliminaban rápidamente a los monstruos. En aquel entonces, esta estrategia se denominaba “reset” y se desarrolló para hacer el juego más dinámico (*Ver Figuras 1 y 2*).



Figuras 1 y 2.
Imágenes del juego
basado en texto
- Avatar (Fuente:
Universidad de
Illinois).

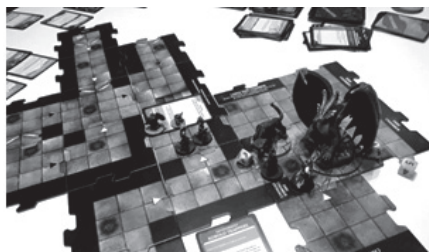
El término spawn, como se conoce hoy, fue incorporado al vocabulario de los juegos en el videojuego Doom (ID Software, 1993), apareciendo como “Spawning Vats” o “Cubas de Desove”.

El concepto de spawn se originó en los juegos digitales, pero también está presente en los juegos analógicos, que adoptan esta mecánica utilizando cartas, dados o marcadores (*tokens*) que guían la aparición y propagación de amenazas en el tablero.

En la serie de juegos Pandemic (Z-Man, 2008), creada por Matt Leacock, los jugadores forman un equipo que pretende evitar epidemias. En este escenario, la mecánica de spawn está controlada por cartas de epidemia, que al ser compradas generan cubos de infección en ciudades específicas. Otra aproximación al spawn en juegos de mesa se utilizó en D&D: Wrath of Ashardalon (Wizards of the coast, 2011), creado por los diseñadores Lee, Mearls y Slavicsek, donde durante la fase exploratoria se deben colocar monstruos de manera aleatoria mediante un mazo de cartas, en casillas específicas de un tablero modular, spawning a los enemigos



3



4

Figura 3.
Pandemic (Fuente:
Facebook Pandemic
- The Board Game).
Figura 4.
D&D: Wrath of
Ashardalon (Fuente:
Wizards of the
Coast).

Ferrari (2010) argumenta que la mecánica del spawn, junto con un sistema de dificultad adaptativa, ayuda a mantener el estado de “flow” en los jugadores. El autor utiliza como ejemplo la dinámica del juego Left 4 Dead (Valve Corporation, 2008), un juego con temática de apocalipsis zombi, que utiliza una IA “directora” para mediar el spawn de enemigos e ítems, verificando el rendimiento de los jugadores (puntos de vida y equipamiento) con precisión. Esto permite que el ritmo del juego se equilibre para generar inmersión y compromiso en los jugadores, evitando que la experiencia alcance niveles de estrés o aburrimiento (Csikszentmihalyi, 2020) (*Ver Figuras 3 y 4*).

Estos ejemplos evidencian que el spawn va más allá de la generación computarizada de elementos de juego. El término define un sistema, siendo tanto un concepto que busca dar significado al surgimiento de criaturas en el juego, como una mecánica que debe ser utilizada para equilibrar un juego.

3. Bioinspiración en los juegos: un estudio de caso de Minecraft

Con el objetivo de observar la articulación entre las inteligencias, se presenta un análisis del juego Minecraft. Para comprender el sistema de juego, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con 03 jugadores frecuentes de Minecraft. Esto permitió observar de manera más profunda los elementos de este estudio (Ver Cuadro 1).

Cuadro 1: Estructura de las preguntas de la entrevista

<p>I. Contacto inicial y primeras emociones con el juego: ¿Cómo conociste Minecraft que te motivó a jugar? ¿Recuerdas las emociones que sentiste las primeras veces que jugaste? ¿Cómo te sentías con respecto al anochecer y los monstruos que aparecían?</p>
<p>II. Auto-desarrollo y dominio del juego: Al jugar más tiempo, ¿cuáles eran tus motivaciones (explorar/minar - <i>mine</i>, crear/construir - <i>craft</i> o combatir)? ¿Qué te llevaba a seguir jugando, cómo te sentías al descubrir cosas en Minecraft? ¿Qué era lo que más te gustaba hacer en el juego? ¿Hubo alguna construcción o creación en Minecraft que te resultara más memorable, de la cual te sientas orgulloso?</p>
<p>III. Red de relaciones y pertenencia promovidas por el juego: ¿Hablabas sobre Minecraft con amigos, cómo te relacionabas con otras personas sobre el juego, tuvo influencia en tus relaciones (en línea y en persona)?</p>

Cuadro 1. Estructura de las preguntas de la entrevista.

Minecraft es un fenómeno mundial que congrega una comunidad con 163,67 millones de jugadores activos (datos de agosto de 2023, según Shewale). Lo que llevó a este juego a involucrar a tanta gente es una pregunta intrigante. El análisis a continuación tiene como objetivo observar este fenómeno desde la perspectiva de la bioinspiración y de las inteligencias artificiales y humanas, revisando y recontextualizando los espacios asumidos por las tres iteraciones de inteligencias. Este estudio de caso es particularmente importante para el diseño de juegos debido a la durabilidad y relevancia de este juego en el mercado, ya que, por lo general, el tiempo que un juego permanece relevante en el mercado no suele superar los 2 años, sin embargo, Minecraft ha mantenido una fuerte presencia durante más de 10 años.

Minecraft (Mojang Studios, 2009) es un proyecto de juego bioinspirado, creado por el sueco Markus “Notch” Persson en 2009, que atrae a audiencias de diversas edades, con especial éxito entre preadolescentes (rango de edad de 10 años). En Minecraft, los jugadores alcanzan el estado de flujo (Csikszentmihalyi, 2020) durante el juego y se involucran en una red de pertenencia cuando no están jugando.

I. Contacto inicial y primeras emociones con el juego

Minecraft es un juego *sandbox* de exploración y construcción con bloques, basado en la libertad de acción y desafíos de supervivencia. En él, el jugador se encuentra en un entorno (mundo abierto tridimensional) que emula biomas (planicies, bosques, desiertos y subterráneos) compuestos por praderas, árboles, lagos y animales. La expectativa de que “pronto llegará la noche y con ella pueden aparecer monstruos” afecta a los jugadores, especialmente a los más jóvenes, con una sensación de urgencia para construir un refugio y protegerse. Para tal empresa, el juego proporciona mecanismos mediante los cuales el jugador puede recolectar materiales del entorno y fabricar objetos. Al principio, se pueden usar las manos para recoger ramas y hacer un refugio para dormir protegido de las amenazas nocturnas. Al amanecer, libres de las amenazas nocturnas, los jugadores exploran el entorno y experimentan los mecanismos del juego, como explorar/minar (*mine*) y crear/construir (*craft*).

El *entrevistado 1* comenzó a jugar a los 9 años. Según él, conoció el juego en casa de un familiar que le explicó el juego. Así, afirma que comenzó a jugar “sabiendo bien sobre los objetos y cómo jugar en sí, pero recuerdo mucho el miedo que tenía por un monstruo específico, el Enderman [...] tener un monstruo así en el juego me ponía ansioso, [...] me daba mucho miedo”.

El *entrevistado 2* comenzó a jugar a los 8 años, jugó por primera vez en el modo pacífico, pero cuando jugó en el modo supervivencia tuvo mucho miedo. El jugador afirma que tuvo miedo porque creó un mundo y no configuró el nivel de dificultad. Para él, lo principal era “el miedo a la noche, porque moría con mucha frecuencia, [...] era un niño”. También menciona la “mala suerte de encontrar un enemigo raro, un esqueleto montado en una araña que era mucho más difícil [...] Así que fue algo realmente impactante para mí, a partir de entonces descubrí el modo pacífico”.

El *entrevistado 3* comenzó a jugar antes de los 10 años, dijo que se sentía ansioso y aprensivo con la llegada de la noche porque sabía que iban a aparecer monstruos y necesitaba recolectar materiales rápidamente para hacer un refugio (Ver Figuras 5 y 6).



5



6

Figura 5. Anochecer en el juego (Fuente: Minecraft). **Figura 6.** Monstruo intentando invadir el refugio del jugador (Fuente: Minecraft).

Las principales acciones en Minecraft son: explorar, recolectar recursos, fabricar objetos y combatir. Para fabricar objetos (*crafting*), el jugador dispone de una matriz con 9 espacios (llamada mesa de *crafting*), donde coloca materias primas (palos, tierra, agua, piedra, cuero, hierro) y, según el arreglo, esos materiales se convierten en herramientas y utensilios (pico, espada, antorcha, armadura). Pero es necesario conocer las combinaciones correctas para fabricar diferentes objetos (Ver Figuras 7 y 8).



7



8

Figura 7.
Mesa de craftero
(Fuente: Minecraft).

Figura 8.
Inventario (Fuente:
Minecraft).

Con herramientas, el jugador tiene libertad para construir cosas, como: una casa, un corral para criar animales (pollo, vaca, oveja), muebles (cama, cofre, horno), una plantación (semillas, fertilizante, riego) hasta que llegue la noche de nuevo (Ver Figuras 9 y 10).



9



10

Figura 9.
Corral de animales
con zombi dentro
(Fuente: Minecraft).

Figura 10.
Plantación de
zanahorias y trigo
(Fuente: Minecraft).

II. Desarrollo personal y maestría en el juego

En estos ciclos de día y noche, el jugador mejora sus habilidades y crece el deseo de desarrollar materiales más complejos (vidrio, pociones o elementos de la tabla periódica), obtener artículos sofisticados (dinamita, rieles de tren, circuitos con redstone, bloques de

generador) y construir edificaciones elaboradas (monumentos, castillos, aldeas y ciudades). El nivel de habilidad del jugador está directamente relacionado con su interés y desempeño. El propio jugador regula los desafíos a medida que desarrolla sus habilidades, pudiendo alcanzar el estado de flujo (Csikszentmihalyi, 2020).

El *entrevistado 1* menciona su preferencia por el modo creativo del juego, afirmando que le gustaba construir. El usuario grababa tutoriales para crear ciudades y pueblos basados en dibujos animados, además de mapas de juegos de rol. También mencionó recordar ciudades, afirmando que “la primera era un pueblo bajo tierra, la segunda era como Venecia, la tercera era una ciudad hermosa debajo de un cerezo, en su camino también había un cráter que llevaba al centro de la Tierra”. También mencionó una ciudad creada con explosiones que tenía efectos de partículas de fuego, programada por un amigo. Además, para el *entrevistado 1*, su motivación para seguir jugando quizás fue ver a otras personas jugar o la libertad que ofrece el juego. Para él, “tal vez Mine es un juego único que permite explorar esa creatividad”.

El *entrevistado 2* construía edificaciones extensas y se esforzaba en su elaboración. Lo que lo motivaba era construir “algo lindo, una casa bonita y decorar muebles, luego hacer montañas rusas y cosas más complicadas como globos decorativos”. Para él, un motivo de trauma fue “hacer un mapa que tenía una gran mansión con montaña rusa, globo, un centro comercial, estaba construyendo un pequeño pueblo” y que su archivo se eliminara de la computadora.

El *entrevistado 3*, a medida que mejoraba sus habilidades (viendo videos en internet e intercambiando información con amigos), pasaba por muchas modalidades de juego (minijuegos y mods), le gustaba mucho minar (buscar obsidiana y hacer TNT) y construía mucho. “En la escuela, la profesora propuso crear el escenario de un libro, hice la mayor parte de las construcciones (iglesia, plaza, ayuntamiento)” (Ver Figuras 11 y 12).



11



12

Figura 11. Serie “SurvivalCraft” (Fuente: Reproducción JazzGhost). **Figura 12.** Serie “DinoLand” (Fuente: Reproducción NandaPlays).

III. Red de relaciones y sentido de pertenencia promovidos por el juego

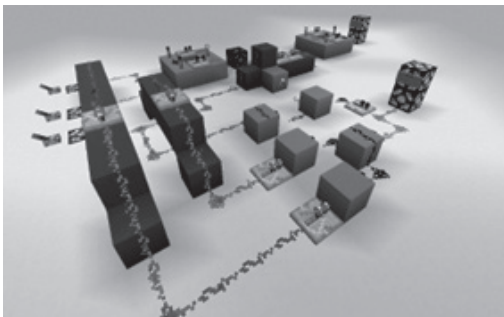
A lo largo del tiempo de existencia de Minecraft y de la extensa comunidad formada, se amplía la complejidad del propio sistema de juego. Con el modo multijugador (en servidores dedicados) y permisos para que el usuario haga modificaciones en el sistema (originalmente de código abierto). La comunidad de Minecraft puede crear mundos personalizados (biomas, mapas, civilizaciones), desarrollar modificaciones (mods gráficos, de jugabilidad o historia) y minijuegos (capturar la bandera, escondite, *parkour*, lucha de construcción), también puede personalizar su avatar (*skins*), generando así innumerables formas de participar en el universo de Minecraft. Además de las interacciones dentro del juego, ha surgido una gran red de interacciones fuera del juego en espacios virtuales y físicos, donde al convertirse en experto en el juego, la persona encuentra un grupo al que pertenecer, donde puede hablar sobre Minecraft y compartir sus experiencias.

El *entrevistado 1* estaba más limitado a su familia, sin embargo, al encontrar a un amigo que también le gustaba el juego, comenzaron a jugar juntos. Otra facilidad encontrada fue el contacto en línea, al ver a personas que jugaban y daban la sensación de pertenencia a un grupo. Otro punto fue la relación a través de mensajería instantánea, donde era posible intercambiar videos e ideas sobre mundos y construcciones. A pesar de este sentimiento, el usuario afirma que incluso en la universidad “la gente también creó un mundillo en Mine, yo aún no entré y ni entraré porque el mundo fue eliminado por el sitio del servidor”.

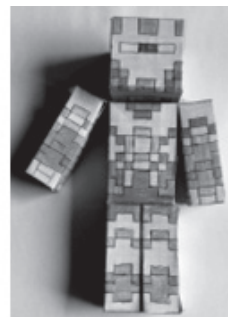
El *entrevistado 2* también tenía muchos amigos en el juego, y menciona que “el problema era que jugar en línea era un poco más complicado, porque no había servidores oficiales, tenías que hacer conexión directa usando programas algo complicados para un niño”. A pesar de eso, jugaba con frecuencia. Según él, terminó “haciendo amigos en línea y algunos de ellos todavía los mantengo hasta hoy [...], tenemos nostalgia de esa época, [...] era genial jugar Minecraft, aunque ya nadie tenga tiempo para jugar”.

El *entrevistado 3* tenía sus relaciones con compañeros y amigos fuertemente vinculadas al juego, coordinando servidores para encontrarse con amigos, invitándolos a jugar juntos en casa. También dedicaba mucho tiempo a la creación de *skins*, no solo en modo digital, sino también haciendo *paper toys* (figuras de papel) con sus *skins* (Ver Figuras 13 y 14).

IV. PNJs y Spawn



13



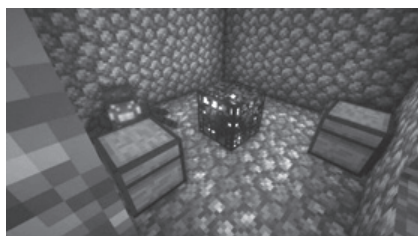
14

Figura 13. Circuito hecho con redstone (Fuente: Better Programming).

Figura 14. Paper toy con skin personalizada (Fuente: Entrevistado 3).

En esta amplia red, el juego permite al jugador interactuar con PNJs y otros jugadores, proporcionando una variedad de interacciones. Los PNJs de monstruos (arañas, creepers o zombis) y animales (caballos, cerdos o tortugas) son interesantes, al igual que la forma en que aparecen en el entorno del juego (spawn). Al comienzo de una sesión de juego, al llegar la noche, aparecen monstruos que son “spawned” (generados por un mecanismo de propagación) en el entorno (forma relacionada con la abiogénesis), también pueden aparecer a partir de bloques de aparición de mobs, que aseguran la regularidad y presencia en lugares importantes para el avance del jugador en el juego (normalmente en cuevas donde se encuentran minerales, cerca de cofres de tesoros, etc.).

Estos monstruos no pueden ser controlados por el jugador, tienen objetivos y comportamientos propios, programados computacionalmente, y aparecen para crear tensión en los jugadores. Los animales son PNJs que pueden ayudar al jugador, proporcionando recursos (cuero, lana o plumas) y alimentos (huevos, leche o carne). Estos PNJs también tienen comportamientos propios, por lo que escapan al control del jugador, por lo que es necesario construir cercados o crear estrategias para dominar a estos animales. Estos son PNJs bioinspirados y son elementos fundamentales en el juego al proporcionar situaciones inusuales que el jugador necesita ser creativo para superar (*Ver Figuras 15 y 16*).



15



16

Figura 15. Bloque de aparición de mobs, generando arañas (Fuente: Minecraft). **Figura 16.** Mobs aparecidos (Fuente: Minecraft).

V. Mapeando las relaciones

Minecraft es un juego que ofrece un entorno bioinspirado y permite una participación activa de los jugadores. Sin embargo, no es una fórmula lista, sino que contiene los ingredientes de estímulo, al colocar al jugador en situaciones desafiantes (PNJs amenazantes) que provocan miedo. El miedo, a su vez, impulsa al jugador a construir cosas, y al hacer construcciones, el jugador se va perfeccionando, ampliando sus habilidades, desarrollando gusto por su propio desempeño y comienza a desear ampliar aún más sus habilidades.

Dentro de este contexto, los jugadores reproducen en el entorno del juego expresiones de la cultura. Por lo tanto, las creaciones de los jugadores (edificaciones) tienen características diversas que van desde entornos idílicos y edificantes hasta entornos densos y combati- vos. Ya que la estructura original del juego ofrece elementos básicos (bioinspirados) y meca- nismos que permiten fabricar y multiplicar cosas. Por lo tanto, la población que juega tiene libertad para reproducir sus propias referencias del mundo, convirtiéndose en un terreno fértil para la expresión cultural (*Ver Figuras 17 y 18*).



Figuras 17 y 18. Ejemplos de construcción de monumentos y ciudades (Fuente: G1 y Xbox Wire).

En el universo de Minecraft, el código digital (inteligencia computacional) proporciona un espacio para la expresión de la diversidad cultural (inteligencia humana), cuya base inicial es bioinspirada (inteligencia biológica). Minecraft permite el desarrollo de competencias cognitivas, intrapersonales e interpersonales (Pellegrino *et al.*, 2012).

5. Conclusiones

Las obras humanas que tanto afectan al ambiente son el resultado de muchos factores. La inteligencia humana (mente) lleva al ser humano a realizar cosas (manos y herramientas) e intervenir en el mundo. En la búsqueda incesante de dar sentido a su existencia, el ser humano aplica su inteligencia en la realización de las más diversas actividades. Sin embargo, siendo un ser vivo, habita una materialidad biológica. También utiliza la capacidad de observar, repetir, aprender e inventar, inspirado en el entorno que lo rodea. Al estar constantemente invitado a interactuar con el ambiente, también crea una cantidad interminable de artefactos técnicos para habitar en él, que van desde herramientas simples hasta instrumentos sofisticados.

Entre estos logros, el ser humano ha desarrollado la inteligencia artificial, que ha propiciado la posibilidad de expandir el potencial cuantitativo de su inteligencia a una potencia nunca antes vista. Sin embargo, esto crea la necesidad de reidentificarse, de revisar los conceptos de inteligencia y también reposicionar las influencias de su entorno, dentro de las perspectivas de avance técnico. En este sentido, el artículo contribuye señalando una posibilidad de recontextualización de las diferencias entre las inteligencias biológica, humana y computacional, y verificar cómo se integran y manipulan para la creación de cosas, como por ejemplo, proyectos de juegos.

Se eligió para un estudio de caso el juego Minecraft, que simula la propia actividad humana, comenzando con una proposición elemental (materiales y acciones), que se amplían y diversifican a medida que la participación humana produce innumerables resultados derivados de su inexplicable inteligencia. Minecraft es, por tanto, un ejemplo no solo de un juego bioinspirado, sino también un ejemplo de la forma humana de interactuar con el mundo. Además, apunta a una forma de incluir una tecno diversidad (HUI, 2021), que va más allá de incluir la posibilidad de otras cosmovisiones humanas, sino que también incluye la posibilidad de elaborar la inteligencia a partir del sustrato natural.

En cuanto a las Inteligencias Artificiales, se puede observar una clara alienación cultural del conocimiento sobre la técnica, como defiende Simondon (2016), y esta alienación causa un proceso de alarmismo y de distanciamiento de la ontología real con respecto a la IA. El concepto de IA, desde una perspectiva filosófica, es el de una inteligencia, una capacidad inmaterial para actuar en lo material, incorporando herramientas de manera externa u organizándolas. Es capaz, por tanto, de una transubstanciación moderna del conocimiento y de la materia de manera casi instantánea y con una capacidad de actuar de manera cuantitativa mucho superior a cualquier capacidad cuantitativa humana. Sin embargo, solo eso: cuantitativa. En efecto, puede (y probablemente lo hará) reemplazar las funciones cuantitativas de la inteligencia humana. Sin embargo, el ser humano, como ser biopsicosocial, trabaja la inteligencia en conjunción con la emoción, con la “intuición” y con los factores extra-cognitivos, algo que la IA aún no puede emular.

Así, la inclusión de procesos técnicos capaces de revelar el uso de este instrumento, así como familiarizarlos de manera desalienada culturalmente, no es solo interesante, sino una forma abiertamente prometedora de aprender a lidiar con esta realidad contemporánea. Para la perspectiva del diseño de juegos, el éxito que el juego del estudio de caso presenta a partir de soluciones simples y bioinspiradas del spawn, como una de las mecánicas determinantes para el movimiento del sistema del juego, también apunta a la viabilidad del buen uso de esta inspiración biológica para los sistemas de juegos.

La mecánica del spawn es este elemento que permite la buena aplicación de la teoría del flujo (Csikszentmihalyi, 2020) en el transcurso del juego: es una forma de presentar desafíos, mantener la tensión y, al mismo tiempo, lograr captar la atención de los jugadores. Este artículo sugiere, por lo tanto, la necesidad de profundizar en estudios de otras mecánicas bioinspiradas en juegos existentes y también, el desarrollo de nuevas mecánicas a partir de la bioinspiración, con el fin de ampliar los términos del diseño de juegos. La IA y, especialmente, la Inteligencia Computacional, han estado complementando esto como una forma de mantener esta fuente de bioinspiración siempre estimulante para el usuario.

Referencias bibliográficas

- Barthe, R. A. (2003). *Designing of Virtual Worlds*. New Riders Publishing.
- Bergson, H. (1944). *Creative Evolution* (A. Mitchell, Trans.). New York: Modern Library.
- Cherobim, R., Fernandes, A. M. R., & Espínola, P. L. (2016). *Utilização de Computação Bioinspirada para Criação de NPCs Adaptativos*. Revista Setrem.
- Carvalho, M. N. (2004). *Inteligência artificial para jogos de tabuleiro* (Dissertação de mestrado). Instituto de matemática e estatística, Universidade de São Paulo.
- Csikszentmihalyi, M. (2020). *Flow: A psicologia do alto desempenho e da felicidade*. Rio de Janeiro: Objetiva.
- Dijkstra, E. W. (1984). *The threats to computing science*. In ACM 1984 South Central Regional Conference (p. 18). Recuperado de <https://www.cs.utexas.edu/~EWD/transcriptions/EWD08xx/EWD898.html>
- Duch, W. (2007). *What is Computational Intelligence and where is it going? In Challenges for Computational Intelligence* (pp. 1-13). Springer Berlin Heidelberg. Recuperado de <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=9b9e72b42151c059ed55c87521d6bf24675cabde>
- Ferrari, S. (2010). *The judgment of procedural rhetoric* (Dissertação de doutorado, Georgia Institute of Technology).
- Gardner, H. (1995). *Inteligências múltiplas: a teoria na prática*. Artes Médicas Editora.
- Gobete Filho & Lucca Filho. (2022). *Inteligência Artificial em Jogos Digitais*. Revista Interface Tecnológica, p. 343.
- Gonsalves, L. G. (2018). *Um estudo de aplicação de inteligência artificial em jogos* (TCC). UTFPR, Ponta Grossa.
- IEEE CIS – Institute of Electrical and Electronic Engineers Computational Intelligence Society. (2023). *What is Computational Intelligence?* Recuperado de <https://cis.ieee.org/about/what-is-ci>
- Hui, Y. (2021). *On the Limit of Artificial Intelligence*. Philosophy Today, 65. <https://doi.org/10.5840/philtoday202149392>
- Langdon, W. B., Poli, R., McPhee, N. F., & Koza, J. R. (2008). *Genetic Programming: An Introduction and Tutorial, with a Survey of Techniques and Applications*. In J. Fulcher & L. C. Jain (Eds.), *Computational Intelligence: A Compendium* (Vol. 115). Springer. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/226040746_Genetic_Programming_An_Introduction_and_Tutorial_with_a_Survey_of_Techniques_and_Applications
- Losos, J. B., & Mahler, L. (2010). *Adaptive Radiation: the Interaction of Ecological Opportunity, Adaptation, and Speciation*. Sinauer Associates.
- Marino, R. L. F., & Alves, G. A. da S. (2018). *Avaliação da inteligência e seus desafios*. In L. F. Malloy-Diniz et al. (Eds.), *Avaliação Neuropsicológica* (2nd ed.). Artmed Editora.
- McCarthy, J., et al. (2006). *A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence*, august 31, 1955. AI magazine, 27(4), 12-12.
- McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*. The bulletin of mathematical biophysics, 5, 115-133. Recuperado de <https://www.cs.cmu.edu/~/epxing/Class/10715/reading/McCulloch.and.Pitts.pdf>

- Münste, T. F., Urbach, T. P., Düzel, E., & Kutas, M. (2000). *Event-related brain potentials in the study of human cognition and neuropsychology*. Handbook of Neuropsychology, 2nd Edition, Vol. 1. Elsevier Science B. V.
- Pawar, S. (2020). *A Survey on Genetic Algorithms*. International Journal of Engineering Research and Applications, 10(12), 25-29. Recuperado de <http://www.ijera.com/papers/vol10no12/Series-3/D1012032529.pdf>
- PELLEGRINO, James W. e HILTON, Margaret, L. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. National research council.
- Primi, R., & Nakano. (2015). *Inteligência*. In F. H. Dos Santos et al. (Eds.), *Neuropsicologia hoje*. Artmed Editora.
- Rabelo, I. S., et al. (2011). *Teste não verbal de inteligência geral-BETA III-Subtestes raciocínio matricial e códigos*. Manual Técnico. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Raven, P., Johnson, G., Mason, K., Losos, J., & Singer, S. (2016). *Biology* (11th Ed.). McGraw Hill.
- Rosenzweig, S. (1945). *The picture-association method and its application in a study of reactions to frustration*. Journal of Personality, 14, 3-23. <https://doi.org/10.1111/146764941945>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2022). *Inteligência artificial: uma abordagem moderna* (4th ed.). Editora LTC.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2003). *Rules of play: Game design fundamentals*. MIT Press.
- SBIC – Sociedade Brasileira de Inteligência Computacional. (2021). *Inteligência Computacional*. Recuperado de <https://sbic.org.br/inteligencia-computacional/>
- Seminário, F.L. P. (2002). *Inteligência como constructo e como processo: sumário das pesquisas ao longo do tempo*. Paidéia (Ribeirão Preto), 12, 163-175.
- Seminário, F.L.P. (1995). *Códigos Morfogenéticos da Cognição - Arquivos Bras. Psic.* 47, 3-45.
- Shewale, R. (2023). *39 Minecraft Statistics 2023 (Users, Servers, & More) - DemandSage Statistics*. Recuperado de <https://www.demandsage.com/minecraft-statistics/>
- Simondon, G. (2016). *Epistémologie et Cybernétique, in Sur la Philosophie*. Paris: PUF. <https://doi.org/10.3917/puf.simon.2016.03>
- Terman, L. M. (1925). *Mental and Physical Traits of a Thousand Gifted Children*. Genetic Studies of Genius (Vol. 1). Stanford University Press.
- Turing, A. M. (1950). *Computing machinery and intelligence*. In *The Essential Turing: the Ideas That Gave Birth to the Computer Age* (pp. 433-464). Recuperado de <https://www.cse.chalmers.se/~aikmitr/papers/Turing.pdf#page=442>
- Wintermute, S., Xu, J., & Laird, J. (2007). *SORTS: A human-level approach to real-time strategy AI*. In Proc. Third Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference.

Abstract: Over the last decade, the field of game design has undergone several iterations across a wide range of areas. With games increasingly established as a medium with great potential for both entertainment and learning (Game-Based Learning) and intervention (Game-Based Intervention), recent research shows a growing potential to use this artefact as a tool for understanding technical evolutions. In response to this, the purpose of this

article is to reflect on the feasibility of using games with bio-inspired design to meet the demands of understanding various aspects of human intelligence, such as artificial intelligences (AI). Considering the game as a product created to articulate human cognition in a controlled way towards a specific process capable of generalising into everyday experiences, a process that can involve cognition at perceptual, socioemotional and purely cognitive levels, using it as a starting point to build a rationale about biological and artificial intelligences allows the direct and indirect apprehension of this phenomenon in order to de-alienate it. The study is proposed on the basis of a narrative literature review and the analysis of similar elements, where we observe, on the one hand, the use of biologically inspired elements in the creation of algorithms through a gamified proposal and in the mechanics and generative dynamics of analogue and digital games. By comparing the potential application of biological processes and the potential application of games for understanding, we conclude by recommending further studies in bio-inspired computing for its correct application in the design of understanding AIs, since the use of these elements can contribute to maximising the understanding of meaning.

Keywords: Game design - Human intelligence - Bioinspiration - Artificial Intelligence

Resumo: Na última década, o campo do design de jogos passou por várias iterações em uma ampla gama de áreas. Com os jogos cada vez mais estabelecidos como uma mídia com grande potencial tanto para entretenimento quanto para aprendizado (Game-Based Learning) e intervenção (Game-Based Intervention), pesquisas recentes mostram um potencial crescente para usar esse artefato como uma ferramenta para entender as evoluções técnicas. Em resposta a isso, o objetivo deste artigo é refletir sobre a viabilidade de usar jogos com design bioinspirado para atender às demandas de compreensão de vários aspectos da inteligência humana, como as inteligências artificiais (IA). Considerando o jogo como um produto criado para articular a cognição humana de forma controlada em direção a um processo específico capaz de se generalizar para as experiências cotidianas, processo esse que pode envolver cognições em níveis perceptivos, socioemocionais e puramente cognitivos, utilizá-lo como ponto de partida para a construção de um raciocínio sobre inteligências biológicas e artificiais permite a apreensão direta e indireta desse fenômeno, a fim de desaliená-lo. O estudo é proposto com base em uma revisão narrativa da literatura e na análise de elementos semelhantes, onde observamos, por um lado, o uso de elementos de inspiração biológica na criação de algoritmos por meio de uma proposta gamificada e na mecânica e dinâmica generativa de jogos analógicos e digitais. Ao comparar a aplicação potencial de processos biológicos e a aplicação potencial de jogos para compreensão, concluímos recomendando mais estudos em computação bioinspirada para sua correta aplicação no design de IAs de compreensão, uma vez que o uso desses elementos pode contribuir para maximizar a compreensão do significado.

Palavras-chave: Design de jogos - Inteligência humana - Bioinspiração - Inteligência artificial