



Università degli Studi di Genova
Genova



Scuola di
Scienze soc

School of Soci

DISFOR Dipartimento di Scienze della Formazione

CORSO DI LAUREA IN PSICOLOGIA

OLTRE IL GIOCO: IL SERIOUS GAME IL
MONDO DEGLI ELLI PER IL
POTENZIAMENTO DELLE FUNZIONI
ESECUTIVE IN BAMBINI CON DISTURBI
DEL NEUROSVILUPPO.

Relatore: Prof. Paola Viterbori

Correlatore: Prof. Maria Carmen Usai

Candidato: Andrea Beretta

ANNO ACCADEMICO

2023/2024

INDICE

CAPITOLO 1. *SERIOUS GAME*: STORIA, SVILUPPO E CONTESTI D'APPLICAZIONE..... 5

<i>Introduzione</i>	5
1. <i>Storia e definizione di Serious game</i>	5
1.1 <i>Definizione</i>	5
1.2 <i>Storia</i>	7
1.2.1 <i>La specializzazione dell'ambito dei Serious game dagli anni 2000</i>	11
2. <i>Contesti di applicazione e diffusione sul mercato dei prodotti</i>	13
2.1 <i>Educazione</i>	13
2.2 <i>Sanità</i>	14
2.3 <i>Arte e cultura</i>	15
2.4 <i>Difesa</i>	16
2.5 <i>Formazione aziendale e ambito commerciale</i>	16
2.6 <i>Le classificazioni odierne</i>	17
2.7 <i>Distribuzione sul mercato dei prodotti</i>	17
3. <i>Serious game: differenze e somiglianze con videogame, edutainment, mondi virtuali e gamification</i>	19
3.1 <i>Serious game e videogame</i>	19
3.2 <i>Serious game e attività di edutainment</i>	20
3.3 <i>Serious game e mondi virtuali</i>	21
3.4 <i>Serious game e gamification</i>	21
<i>Conclusioni</i>	22

CAPITOLO 2. L'APPLICAZIONE DEI *SERIOUS GAME* PER L'APPRENDIMENTO 24

<i>Introduzione</i>	24
1. <i>Mente ludica, simulativa e apprendimento</i>	24
1.1 <i>Il paradigma della mente simulativa</i>	24
1.2 <i>Mente ludica e mente simulativa</i>	26
1.3 <i>Simulazione, gioco e apprendimento nel Serious game</i>	28
1.4 <i>Teorie per l'efficacia del Serious game nell'apprendimento</i>	30
1.5 <i>Basi empiriche sull'efficacia del Serious game per l'apprendimento</i>	33

2. Progettazione di un buon Serious game	35
2.1 Elementi per la progettazione di un buon Serious game	35
2.2 Un buon riferimento: la Teoria del flusso.	39
2.2.1 Gli antecedenti del flusso.....	40
2.2.2 Lo stato di flusso.....	41
2.2.3 Le conseguenze del flusso.....	42
3. Vantaggi e svantaggi nell'applicazione dei Serious game per l'apprendimento.....	43
3.1 I vantaggi dei Serious game per l'apprendimento.....	44
3.2 Gli svantaggi dei Serious game per l'apprendimento.....	46
Conclusioni	47
CAPITOLO 3. FUNZIONI ESECUTIVE E DISTURBI DEL NEUROSVILUPPO.....	49
Introduzione.....	49
1. I Disturbi del neurosviluppo.....	49
2. Le funzioni esecutive.....	56
2.1 Cosa sono e come sviluppano le FE.....	56
2.2 Il modello di Adele Diamond.....	58
3. Funzioni esecutive e Disturbi dello sviluppo.....	61
4. L'importanza del ruolo delle FE nel contesto scolastico.....	70
Conclusioni.....	71
CAPITOLO 4. OLTRE IL GIOCO: L'EFFICACIA DE IL MONDO DEGLI ELLI NEL POTENZIAMENTO DELLE FUNZIONI ESECUTIVE IN BAMBINI CON DISTURBI DEL NEUROSVILUPPO.	73
1.1 Introduzione.....	73
2. Metodo.....	77
2.1 Campione e procedura.....	77
2.2 Strumenti.....	78
2.3 Tutela dei partecipanti.....	83
3. Lo strumento: Il Mondo degli Elli.....	83
4. Analisi dei dati.....	87

<i>5. Conclusioni</i>	92
BIBLIOGRAFIA	97

Capitolo 1. *Serious game*: Storia, sviluppo e contesti d'applicazione.

Introduzione.

In questo primo capitolo sono presentati i *Serious game* secondo diversi aspetti fondamentali che li caratterizzano, unitamente alla loro storia e ai processi d'evoluzione.

Al primo paragrafo, oltre che a essere proposta una definizione appropriata di *Serious game*, sono illustrati il contesto nascita e le dinamiche che hanno concorso alla genesi e all'affermazione del concetto che oggi identifica questo strumento. Ciò è utile a fornire una conoscenza storica e non solo tecnica circa le differenze che intercorrono fra il mondo dei *serious game* e quello dei *videogame* da intrattenimento.

Nel secondo paragrafo sono trattati i principali campi di applicazione dei *serious game* con una specifica alla distribuzione sul mercato dei prodotti, così da fornire una conoscenza di quelli che sono i principali campi d'interesse cui sono applicati questi strumenti.

Il terzo e ultimo paragrafo del capitolo è utile per trattare delle differenze e dei punti di contatto che intercorrono fra il mondo dei *serious game* e altre tipologie di prodotti basati sul gioco, discriminandone nel dettaglio differenze e somiglianze, in modo da far maggiore chiarezza circa l'identità attuale di questi prodotti.

1. Storia e definizione di *Serious game*

1.1 Definizione.

“I giochi possono essere giocati seriamente o casualmente. Noi ci occupiamo di giochi seri nel senso che questi giochi hanno uno scopo educativo esplicito e attentamente ponderato e non sono destinati a essere giocati principalmente per divertimento. Questo non significa che i giochi seri non siano, o non debbano essere, divertenti”: così Clark Abt (1970), cit in Djaouti et al. (2011), ricercatore statunitense

attivo durante la guerra fredda (Djaouti et al., 2011), formalizzò per primo il concetto di *Serious game* negli anni '70, inserendo con ciò questo prodotto in quella tradizione didattica che utilizza l'aspetto ludico ai fini dell'apprendimento.

Il termine e il concetto di *Serious game*, o *gioco-serio* in italiano, nasce recentemente come ossimoro e indica l'incontro fra una realtà *leggera* ed una *seria*. Già i neoplatonici usavano l'espressione *serio-ludere* riferendosi all'impiego di un umorismo leggero nel contesto della letteratura seria. Nel senso comune la dimensione del *gioco* e quella della *serietà* sono in contraddizione per natura ma in un'altra prospettiva questa è una verità parziale: la natura dei *serious game* è ossimorica solo apparentemente, ossia a livello letterale (Anolli & Mantovani, 2011). Luigi Anolli e Fabrizia Mantovani in "Come funziona la nostra mente: apprendimento, simulazione e *Serious game*" sottolineano infatti che "nel corso della nostra esistenza si manifesta un legame profondo e intrinseco fra l'attività di gioco e la serietà dell'apprendimento" (Anolli & Mantovani, 2011). Il mondo del bambino si costituisce nelle abilità e nelle competenze soprattutto attraverso il gioco e sempre attraverso differenti forme di gioco egli diventa esperto della cultura di appartenenza (Anolli & Mantovani, 2011). I *serious game*, attraverso la combinazione tra l'aspetto simulativo, le dinamiche di apprendimento e quelle di gioco (Anolli & Mantovani, 2011), possono rappresentare strumenti utili a promuovere processi di apprendimento e formazione: attività ludica e simulazione mentale risultano infatti intrinsecamente in relazione fra loro. Possono ad esempio essere impiegati per incrementare le competenze dichiarative esplicite, come anche quelle procedurali insegnando modalità di applicazione delle conoscenze in vista dello sviluppo di una moltitudine di abilità. Possono anche essere applicati per lo sviluppo di funzioni psichiche fondamentali come ragionamento, presa di decisione, leadership, regolazione

emotiva, capacità di cooperazione e lavoro in gruppo, creatività e altre ancora (Anolli & Mantovani, 2011).

L'ampia varietà dei contesti di applicazione e la complessità degli elementi alla base dei *serious game* rende per la progettazione necessario il lavoro di un'equipe interdisciplinare integrata: vi collaborano l'esperto in costruzione di videogiochi (*game designer*), il progettista, lo sviluppatore informatico, il matematico, l'esperto alla grafica, l'esperto audio, lo psicologo, l'esperto dei processi di apprendimento e l'esperto di dominio (Anolli & Mantovani, 2011).

Coerenti con gli aspetti generali riportiamo due definizioni *Serious game*. La prima è quella formulata da Anolli e Mantovani (2011): i *serious games* sono “attività digitali interattive che, attraverso la simulazione virtuale, consentono ai partecipanti di fare esperienze precise e accurate (anche complesse), in grado di promuovere attraverso la forma del gioco percorsi attivi, partecipati e coinvolgenti di apprendimento nei vari domini dell'esistenza umana”. La seconda è la definizione di Bryan Bergeron (2006) cit in Anolli e Mantovani (2011) per cui un *serious game* è “un'applicazione digitale interattiva, dotata o meno di una componente hardware significativa, che: *a*) ha un obiettivo sfidante; *b*) è divertente da usare e coinvolgente; *c*) incorpora concetti di punteggio; *d*) fornisce al partecipante un'abilità, conoscenza o atteggiamento che possono essere applicati nel mondo reale”.

1.2 Storia

Come abbiamo visto, negli anni '70 del Novecento fu Clark C. Abt a coniare il termine *Serious game*, nonché il primo che si occupò in maniera sistematica del ruolo che i giochi anche non digitali posseggono in termini di potenzialità *serie* rispetto all'apprendimento (Anolli & Mantovani, 2011). Nel suo libro *Serious game*, Abt (1987) presenta alcuni esempi di *giochi-serie* che precedono i suoi studi. Prima che il termine

fosse inventato, infatti, simulazioni e giochi digitali erano stati sviluppati e applicati negli Stati Uniti dall'esercito, dalle scuole di medicina e dalle università (Anolli & Mantovani, 2011). Esempio ne è il linguaggio di programmazione LOGO, elaborato da Seymour Papert negli anni '60, utile per supportare l'apprendimento della matematica da parte dei bambini (Anolli & Mantovani, 2011).

In *Origins of Serious games* (Djaouti et al., 2011) gli autori trattano, in senso cronologico dei contesti di nascita in cui i *serious game* si sono via via diffusi: l'illustrazione di uno studio di ricerca scientifica, la formazione di professionisti e la trasmissione di un messaggio specifico.

Nel 1951 Ferranti mise a punto il computer Manchester Mark I che permise a Dietrich Prinz di sviluppare un simulatore di scacchi in cui il computer stesso giocava contro un umano per le ultime mosse prima di uno scacco (Wall, 2009, cit in Djaouti et al., 2011). Nel '52 l'inglese Alexander Douglas sviluppa OXO, conosciuto anche come *Noughts and Crosses*, sancendo con ciò l'uscita di quello che è considerato il primo videogioco della storia (Donovan, 2010, cit in Djaouti et al., 2011): un tris per il computer EDSAC dell'Università di Cambridge, giocato attraverso selettore telefonico come rudimentale *gamepad* e sviluppato per illustrare una tesi di ricerca in informatica sull'interfaccia uomo-computer (Cohen, 2009, cit in Djaouti et al., 2011).



Figura 1. Schermata di gioco di OXO (Wikipedia, 2024).

Durante la Guerra Fredda l'esercito degli Stati Uniti investì ingenti risorse nella ricerca militare sviluppando numerosi programmi per computer basati sull'idea della simulazione di scenari di guerra (Montfort, 2005, cit in Djaouti et al., 2011). Ne è esempio HUTSPIEL, gioco di strategia militare sviluppato nel '55 dall'*Operations Research Office* (ORO), centro di ricerca condotto dalla John Hopkins University. Il gioco prevede che due giocatori umani si affrontino su un campo di battaglia globale sul quale è possibile simulare l'impatto delle armi nucleari (Harrison Jr., 1964, cit in Djaouti et al., 2011). Negli anni '60, presso la *Joint War Games Agency* (Banister, 1967, cit in Djaouti et al., 2011), il *team* guidato da Clark C. Abt sviluppò, sempre per conto dell'esercito degli Stati Uniti, il gioco T.E.M.P.E.R. che simulava uno scenario da Guerra Fredda. In seguito, presso la *Research Analysis Corporation* (RAC) furono sviluppati sullo stesso genere i primi giochi destinati ad un pubblico civile. Nel '56 fu creata una serie di giochi di strategia a turni col nome di *American Management Association Games* nei quali più giocatori potevano competere fra loro nel ruolo di manager di una ditta di prodotti (Harrison Jr., 1964, cit in Djaouti et al., 2011). Questi furono i primi *serious game* e, anche se nessuno era di fatto a disposizione del grande pubblico, possiamo considerarli a tutti gli effetti i precursori giochi di simulazione che apparvero sui *Personal Computer* negli anni '80 (Dunnigan, 1992, cit in Djaouti et al., 2011; Wolf, 2007, cit in Djaouti et al., 2011).

Il concetto di utilizzare l'aspetto ludico in contesti di apprendimento è antico e, anche se più recente, l'idea di utilizzare strumenti digitali con lo stesso scopo appare già agli albori della Rivoluzione Digitale e sin dal primo momento della commercializzazione dei *videogame* molti di questi furono progettati per scopi che andavano oltre l'intrattenimento (Djaouti et al., 2011). Ad esempio, per la prima *console* domestica, la Magnavox Odyssey progettata da Ralph Baer agli inizi degli anni

'70, erano venduti sia giochi d'intrattenimento (Tennis, Haunted House, Roulette...) che a sfondo educativo (Analogic, States, Simon Says...) (Djaouti et al., 2011). Negli stessi anni arriva Pong: sviluppato e commercializzato da Atari (1972) è considerato per la cultura popolare il primo *videogame* della storia a incontrare un largo successo dal punto di vista commerciale; prima di Pong altri giochi erano stati sviluppati e molti di questi non per scopi strettamente ludici (Djaouti et al., 2011).

Datiamo l'ondata attuale di *serious game* ai primi del 2000 e, precisamente, si attribuisce la nascita di questo settore al 2002 quando la *Serious game Initiative* fu inaugurata da Ben Sawyer per la *Digital Mill* in collaborazione con *Woodrow Wilson International Centre for Scholars* di Washington (Anolli & Mantovani, 2011). Sawyer è attualmente considerato il primo promotore contemporaneo di quest'ambito di prodotti data la sua attività di promozione per la conoscenza e l'interesse dei *serious game* (Anolli & Mantovani, 2011); da questo momento il settore ha iniziato a includere una molteplicità molto più vasta di aree tematiche nei diversi domini dell'esperienza umana (Anolli & Mantovani, 2011). Il 2002 è considerato un anno fondamentale nella storia dei *serious game* (Anolli & Mantovani, 2011) anche per un'altra ragione: la pubblicazione del gioco *America's Army* il cui sviluppo era stato commissionato dal governo statunitense con lo scopo di promuovere l'immagine dell'esercito e favorire il reclutamento di volontari, oltre che per preparare il personale militare da un punto di vista strettamente professionale attraverso una versione del gioco apposita. Il gioco in questione rappresenta il punto di svolta che esplicita le potenzialità che i *videogame* hanno oltre il divertimento, come per la formazione e il *marketing* in questo caso (Zyda, 2005, cit in Djaouti et al., 2011), ma sancisce anche l'esito di un processo che ha richiesto la necessità di esplicitare una distinzione terminologica e concettuale fra

l'ambito specifico dei *serious game* e quello dei *videogame* per l'intrattenimento (Djaouti et al., 2011).

1.2.1 La specializzazione dell'ambito dei *Serious game* dagli anni 2000.

Come abbiamo visto, *videogame* e *serious game* nascono praticamente all'unisono agli albori della Rivoluzione Digitale senza una precisa differenziazione d'ambiti. Il termine "*Serious game*" viene usato per la prima volta negli anni '70 ma solo dagli anni 2000 è stato impiegato ampiamente per definire l'ambito che conosciamo oggi; ciò è accaduto dunque dopo circa 40 anni dalla nascita delle prime simulazioni. Alla base di questo mutamento vi sono certamente numerose ragioni ma alcuni autori (Djaouti et al., 2011) ritengono che la principale sia da rintracciare nel "predominio dei giochi di intrattenimento sul mercato e la cattiva reputazione di cui a volte soffrono" (Djaouti et al., 2011). L'esigenza per i *serious game designer* e il mercato di iniziare a identificare l'ambito in modo preciso sembra dovuto a due questioni: primo, il tipo di strategie che le case produttrici di giochi digitali avevano adottato per il mercato statunitense destinando i loro prodotti all'intrattenimento per bambini (Djaouti et al., 2011) e, di conseguenza, le controversie nate nel dibattito del settore circa le ripercussioni che il contenuto dei giochi, spesso violenti, potevano avere su questo target (Djaouti et al., 2011).

Come abbiamo visto, le prime console erano vendute con giochi sia per lo svago che a sfondo educativo. Nel 1983 il mercato statunitense dei videogiochi subisce un crollo tanto grave che parecchi produttori videro questo tipo diretto verso la sua naturale fine (Djaouti et al., 2011). Fra i produttori rimasti in attività vi era la Nintendo che, dopo il grande successo avuto in Giappone con il *Famicom*, provava ora a replicare sul mercato americano. La strategia di marketing adottata fu quella vincente: il prodotto venne camuffato da giocattolo e indirizzato esclusivamente ai bambini, il nome fu

cambiato da *Family Computer* a *Nintendo Entertainment System* (Djaouti et al., 2011) e sui giochi prodotti dagli sviluppatori fu imposta una *policy* di garanzia: la *Nintendo Content Policy*, che assicurava i consumatori che il contenuto dei giochi fosse pertinente per la fascia in questione (Kent, 2001, cit in Djaouti et al., 2011). Da quel momento l'industria dei videogiochi era tornata redditizia ed era considerata come un'attività di svago per l'infanzia (Djaouti et al., 2011).

Col tempo sul mercato comparvero via via sempre più giochi destinati di fatto ad una fascia di pubblico più adulta, come ad esempio *Mortal Kombat*, pubblicato da *Acclaim* nel '92. Si trattava anche di videogiochi piuttosto violenti e il dibattito che si accese attorno al tema sancì l'introduzione dell'*Entertainment Software Rating Board* (ESRB) (Djaouti et al., 2011), un tipo di classificazione dei giochi per fasce d'età sulla base dei contenuti. Nel '99 dai fatti del Massacro della *Columbine High School* emerse che la coppia di studenti armati erano appassionati di *Doom*, un videogioco piuttosto violento commercializzato da *id Software* nel '93 (Djaouti et al., 2011). Su queste basi Dave Grossman, nel suo libro *Stop Teaching Our Kids to Kill* (Grossman & Degaetano, 1999, cit in Djaouti et al., 2011) mostra con toni d'accusa come *Doom* fosse stato al contempo commercializzato per il pubblico ma anche concesso in licenza al corpo dei *Marines* in quanto "eccellente dispositivo di addestramento tattico" (Djaouti et al., 2011): egli si domanda come fosse possibile che il dispositivo in questione fosse accessibile contemporaneamente a due contesti tanto differenti come quello dello svago e quello militare. Questa critica rifletteva in senso più ampio la contraddizione fra l'immagine del pubblico cui erano destinati i *videogame*, quindi i giovani principalmente, e il contenuto effettivo dei giochi (Djaouti et al., 2011).

Arriviamo agli inizi degli anni 2000, precisamente al 2002, quando l'uscita di *America's Army* e la pubblicazione del lavoro di Sawyer sanciscono la nascita della

nuova ondata dei *serious game*, e capiamo perché per il gioco in questione il colonnello E. Casey Wardy non propose la semplice etichetta di *videogame*.

Ecco come gli autori si spiegano le dinamiche del contesto che hanno condotto alla nascita del concetto attuale di *Serious game* (Djaouti et al., 2011) e che si differenzia da quello dei giochi destinati allo svago. Questo cambiamento si riflette anche sui modelli economici utilizzati ad oggi per i *serious game* e i *videogame*, differenziati rispetto al modello unico del passato; mentre prima entrambe le categorie di giochi erano infatti vendute al dettaglio, oggi la maggioranza dei *serious game* sono prodotti da specialisti e finanziati da clienti che commissionano un prodotto specifico (Djaouti et al., 2011).

2. Contesti di applicazione e diffusione sul mercato dei prodotti.

I contesti di applicazione e sviluppo dei *serious game* sono numerosi e variegati e comprendono, come è stato già accennato, una gamma sempre più ampia di prodotti. In questo paragrafo ci limiteremo ad osservare quelli che sono i principali ambiti di sviluppo dei *serious game*, riportandone relativi esempi. Gli ambiti in questione sono: l'educazione, la sanità, la difesa, l'arte e la cultura, la religione, la formazione aziendale e l'ambito commerciale, sebbene col tempo sia cambiata la distribuzione commerciale sul mercato dei prodotti, rimangono questi ad oggi gli ambiti principali di applicazione.

2.1 Educazione.

Nell'ambito scolastico sono state realizzate col tempo simulazioni virtuali efficaci per l'insegnamento di numerosi ambiti come la fisica (Dede, Salzman e Loftin, 1996, cit in Anolli & Mantovani, 2011), la biologia (Roussos et al., 1997, cit in Anolli & Mantovani, 2011), le lingue straniere (Rose e Billingham, 1995 cit in Anolli & Mantovani, 2011) e tanti altri.

In ambito storico possiamo citare *The Oregon Trail*, pubblicato dal *Minnesota Educational Computing Consortium* (MECC) nel 1971 inizialmente come gioco solo testo e creato da tre insegnanti di storia: Don Rawitsch, Bill Heinemann e Paul Dillenberger (Djaouti et al., 2011): il giocatore veste i panni di un pellegrino americano del 1848 che vuole raggiungere l'Oregon percorrendo un viaggio pieno di trappole e imbattendosi durante l'avventura in numerose informazioni relative a questo periodo della storia americana. Il gioco divenne estremamente popolare e diffuso negli anni tanto che ne furono sviluppati diversi *sequel*. Questo esempio indica anche come un gioco serio di tipo educativo non sia necessariamente l'opposto di un gioco popolare e di successo commerciale (Djaouti et al., 2011).

2.2 Sanità.

Captain Novolin nasce per aiutare i bambini nell'apprendimento della gestione del diabete: il protagonista è un supereroe col diabete che deve gestire il livello di glucosio nel sangue mentre combatte alieni malvagi composti da cibo-spazzatura. I *bonus* che il personaggio colleziona sono di tipo alimentare e quando l'eroe ne raccoglie troppi comincia a sentirsi male. Il gioco fu sviluppato dalla *Raya Systems* per piattaforma *Super Nintendo* nel '92. Simile a *Capitain Novolin* fu *Packy & Marlon*, realizzato sempre dalla *Raya Systems* nel 1994 e implementato con la modalità a due giocatori. Nonostante questi giochi non fossero ancora indicati come *Serious game*, alcuni studi clinici (Brown et al., 1997, cit in Djaouti et al., 2011) hanno mostrato gli effetti dell'esperienza di gioco dal punto di vista educativo: i bambini del gruppo sperimentale si dimostrarono più bravi a gestire il diabete e il numero di casi in cui i bambini dovettero recarsi in ospedale per una crisi di glucosio diminuì del 77% rispetto al gruppo di controllo. Le conclusioni dello studio indicavano che il gioco aveva

agevolato i bambini nella gestione dell'insulina e dei pasti sani utili a prevenire le crisi (Djaouti et al., 2011).

L'ambito medico possiede una tradizione decisamente affermata nell'uso dei principi della simulazione come metodo generale di lavoro, ad esempio per illustrare complessi meccanismi biologici o per comprendere alcune dinamiche patologiche, così come per formare il personale sugli interventi chirurgici (Anolli & Mantovani, 2011).

La rilevanza di questo genere di *serious game* è data dall'importanza del campo per la salute e la cura della persona e le prime simulazioni virtuali risalgono agli anni '60, anche se è negli anni '80 che si verifica un sostanzioso incremento grazie all'avvento dei *Personal Computer* per il pubblico. Altri esempi sono: *GasMan* del *Brigham & Women's Hospital* di Boston, che simula un ambiente per anestesisti; *Heart Lab* sviluppato dal *Decision Systems Group* di *Harvard* per l'insegnamento dell'auscultazione cardiaca; *PathGame* che è il primo sistema di simulazioni virtuali progettato come gioco divertente utile a potenziare le competenze di semiosi patologica (Anolli & Mantovani, 2011).

Negli ultimi anni si può apprezzare un incremento delle simulazioni mediche sia in termini quantitativi che per varietà di applicazione: trapianti di cuore, esami laparoscopici ed elettrocardiografici, riabilitazione neurologica e motoria, e altri ancora (Anolli & Mantovani, 2011).

2.3 Arte e cultura.

Per l'arte e la cultura troviamo *Versailles 1685*, prodotto da *Cryo* nel 1997. Come suggerisce il nome il gioco è ambientato a *Versailles* durante il regno di Luigi XIV: il giocatore deve sventare un complotto e l'indagine lo porterà a muoversi liberamente per la mappa incontrando personaggi storici e apprendendo informazioni utili sui dipinti e

le arti dell'epoca (Djaouti et al., 2011). Il prodotto ha trovato col tempo un grande favore soprattutto sul mercato europeo.

2.4 Difesa.

Nel campo della difesa, come abbiamo visto, l'esercito degli Stati Uniti ha storicamente mostrato un grande interesse allo sviluppo di giochi, soprattutto con scopo d'addestramento. Oltre agli esempi già presentati, fra gli altri troviamo *The Bradley Trainer*, conosciuto anche come *Military Battlezone* o *Army Battlezone*, che consiste in versione più realistica dedicata specificatamente all'ambito militare del gioco *Battlezone*, prodotto da Atari nel 1980. *The Bradley Trainer* fu commissionato dall'esercito statunitense per scopi di addestramento e sebbene Atari accettò l'ingaggio molti dei dipendenti dell'azienda furono chiaramente contrari per via del cambio di destinazione del gioco che da un contesto civile migrava quindi verso il campo d'addestramento di forze militari. Questo aneddoto sottolinea nuovamente le differenze culturali fra la natura dei videogiochi da intrattenimento e quelle che caratterizzano l'industria dei *serious game* (Djaouti et al., 2011).

2.5 Formazione aziendale e ambito commerciale.

Nel 1983 Atari pubblica *Pepsi Invaders* per conto di *Coca-cola* (Djaouti et al., 2011), gioco sviluppato sul modello di *Space Invaders*: il giocatore muove una navicella spaziale per far fronte all'invasione di orde di alieni; nel caso della versione di *Coca-cola* gli alieni erano morfologicamente sostituiti dalle lettere *P-E-P-S-I* e l'obiettivo dell'azienda era appunto quello di creare uno strumento che motivasse e rafforzasse la competitività dei propri dipendenti contro l'azienda rivale.

2.6 Le classificazioni odierne.

I campi di applicazione dei giochi-seri rimangono ad oggi svariati e sono anzi in aumento, anche se quelli principali rimangono di fatto quelli elencati in questo paragrafo. Alcuni ricercatori hanno mostrato (Susi et al., 2015) come esistano diversi approcci di classificazione dei campi di applicazione dei *serious game*; fra i principali citiamo: quello di Michael e Chen (2006) cit in Susi et al., (2015) che classificano secondo giochi militari, governativi, educativi, aziendali, sanitari, politici, religiosi e artistici; Michael Zyda, informatico americano e professore presso la University of Southern California (Zyda, 2005) cit in Susi et al., 2015), classifica secondo istruzione, sanità, politiche pubbliche, scienza, governo e formazione aziendale. Altre classificazioni (Susi et al., 2015) dividono i giochi-seri in pedagogici, idealistici, politici o sociali; oppure in istruzione, sanità, sicurezza nazionale, gestione aziendale; o anche istruzione, sanità, politiche pubbliche, scienza, governo e formazione aziendale. In sintesi, nonostante i nomi delle classificazioni risultino variabili, le principali fanno sempre riferimento ai macro argomenti che abbiamo visto.

2.7 Distribuzione sul mercato dei prodotti.

Nei grafici a torta di sotto (figura 2 e figura 3) sono mostrate le percentuali di distribuzione per ambito che i *serious game* hanno precedentemente (figura 2) e in seguito al 2002 (figura 3).

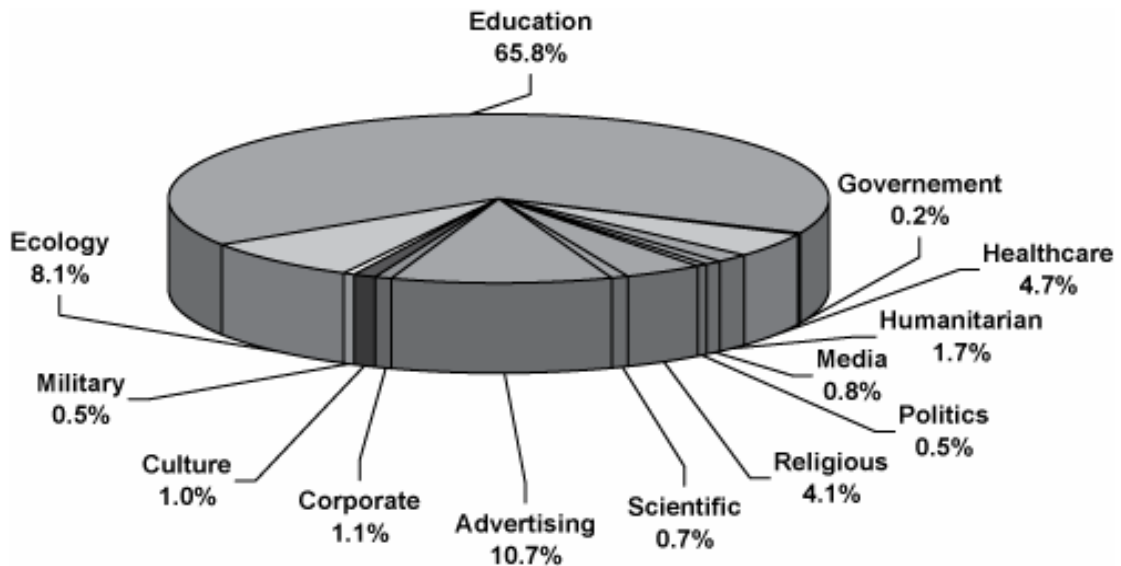


Figura 2. Distribuzione del mercato dei “serious games” rilasciati prima del 2002 (953 giochi) (Djaouti et al., 2011).

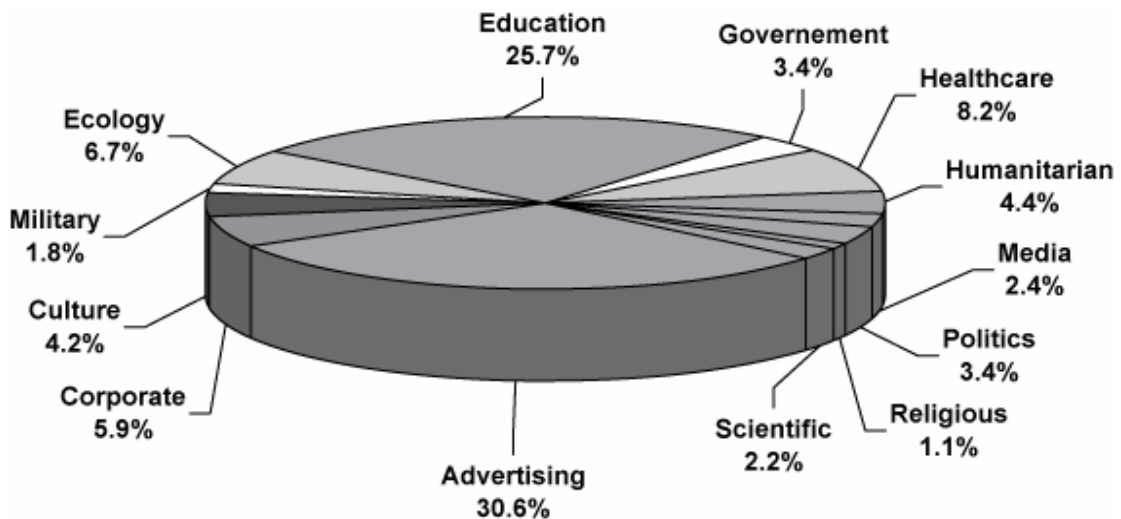


Figura 3. Distribuzione del mercato dei “serious games” rilasciati dopo il 2002 (1265 giochi) (Djaouti et al., 2011)

Come possiamo vedere, prima del 2002 il *target* educativo era il più allargato (65.8%), mentre si è ridotto in percentuale dopo il 2002 (25.7%); al contrario quello commerciale è diventato più esteso dopo il 2002 (30.6%) ed era notevolmente più ridotto prima (10.7%); i mercati che prima non raggiungevano il 2% oscillano attualmente fra il 4% e il 10%.

Le percentuali indicano il rapporto di produzione fra i vari ambiti rispetto al totale dei prodotti, che vediamo essere quantitativamente aumentato. Questo significa che nonostante in percentuale alcuni ambiti siano diminuiti rispetto alla produzione

totale, come quello dell'educazione ad esempio, non lo sono nelle quantità di prodotti sviluppati (Djaouti et al., 2011).

3. *Serious game*: differenze e somiglianze con *videogame*, *edutainment*, mondi virtuali e *gamification*.

In questo paragrafo sono trattate alcune fra differenze principali fra i *Serious game* e altre attività di gioco basate su supporti digitali. Ciò è utile per evidenziare le caratteristiche specifiche, concettuali e operative, dei vari tipi prodotti ai fini di inquadrare più nel dettaglio le specifiche dei *serious game*. Saranno quindi confrontati i *serious game* con: *videogame*, attività di *edutainment*, mondi virtuali e *gamification*.

3.1 *Serious game* e *videogame*.

Anche se oggi la maggioranza dei giochi digitali prodotti è progettata per essere un *videogame*, ossia per l'intrattenimento (ESA, 2010, cit in Djaouti et al., 2011), sappiamo che dai primi incontri fra tecnologia digitale e forme ludiche nacquero le rudimentali forme di ciò che oggi definiamo come *Serious game* (Djaouti et al., 2011). Fra *videogame* e *serious game* i punti di contatto sono naturalmente parecchi: alcuni riguardano gli elementi della progettazione, ossia del *game design*; vi sono poi le piattaforme di utilizzo che spesso sono le medesime, come ad esempio i *personal computer*, le *console*, i *tablet*, gli *smartphone* e così via; entrambi condividono alla base un'esperienza ludica nella quale vi è un elevato grado di coinvolgimento emotivo, un'attivazione simultanea di diverse funzioni mentali, come dei vari sistemi percettivi o di diversi processi cognitivi (categorizzazione, memoria, ragionamento, presa di decisione ed altri ancora) (Anolli & Mantovani, 2011); inoltre, proprio per l'elevata partecipazione che sono in grado di elicitarne, entrambi i prodotti consentono di mantenere alta la concentrazione e prolungato il focus attentivo sull'attività (Anolli &

Mantovani, 2011), cosa che, come vedremo, costituisce uno dei fondamentali punti di forza dei *serious game*.

Altrettanto numerose sono anche le differenze che rendono invece diversi questi due tipi di prodotti: la filosofia di utilizzo fa sì che mentre i *videogame* sono progettati ed utilizzati per lo svago nel tempo libero (Anolli & Mantovani, 2011), i *serious game* nascono invece per trasmettere un qualche tipo d'apprendimento; sussistono quindi differenze anche nella progettazione che deve essere valida per la filosofia d'utilizzo misurandosi, nel caso dei *serious game*, con le implicazioni d'apprendimento, tenendo conto dunque dei “legami associativi per contiguità, di stimolare competenze come il problem solving, della struttura narrativa, dei processi inferenziali deduttivi e induttivi, dei percorsi controfattuali e prefattuali del ragionamento condizionale, della concatenazione degli argomenti” (Anolli & Mantovani, 2011), e di ulteriori aspetti; inoltre, è necessario che il *serious game* sia sottoposto a un'attenta fase di verifica che ne valuti sia l'efficacia sull'apprendimento sia sull'aspetto ludico in quanto mezzo per motivare e per favorire la concentrazione ai fini dell'esperienza d'apprendimento (Anolli & Mantovani, 2011).

3.2 *Serious game* e attività di edutainment

L'*edutainment* è un approccio educativo in cui si combinano elementi di intrattenimento e di apprendimento, il termine nasce dunque dall'incontro di *education* ed *entertainment* e si potrebbe tradurre come *intrattenimento educativo*. Poiché condividono la filosofia d'utilizzo del mezzo ludico a scopo educativo (Bergeron, 2006, cit in Anolli & Mantovani, 2011), i *serious game* si trovano fra i generi dell'*edutainment*, assieme a programmi tv, film, siti web, software, musica, robotica, libri, musei e altri numerosi strumenti ancora. In virtù delle proprie caratteristiche intrinseche che li rendono prodotti ricchi, articolati, situati nell'esperienza e molto

coinvolgenti, i *serious game* rispondono meglio di altri prodotti alle critiche mosse all'*edutainment*, ossia di rivelarsi spesso troppo legata a una visione “ristretta, meccanicistica, additiva e non integrativa dell'apprendimento” (Anolli & Mantovani, 2011):

3.3 *Serious game* e mondi virtuali.

I mondi virtuali sono ambienti generati digitalmente dove diversi utenti possono incontrarsi e interagire allo stesso istante (Anolli & Mantovani, 2011). La caratteristica fondamentale è il realismo dell'esperienza reso dall'alto senso di presenza fisica (Sanchez-Vives & Slater, 2005, cit in Anolli & Mantovani, 2011) ricercato rendendo molto interattive le interazioni fra gli utilizzatori e fra questi e l'ambiente. Gli utenti sono immersi nei mondi virtuali sottoforma di *avatar*, ossia personaggi 3D aventi spesso sembianze antropomorfe, e interagiscono nell'ambiente utilizzando diverse opzioni, fra cui il linguaggio corporeo. Gli *avatar* possono costruire o modificare l'ambiente virtuale e svolgere assieme diverse attività come lezioni, riunioni, presentazione di dati, ma anche attività di gioco a sfondo educativo e non, per esempio (Anolli & Mantovani, 2011). Le potenzialità offerte dai mondi virtuali sono facilmente intuibili e negli ultimi anni la tecnologia ne ha permesso lo sviluppo e la diffusione.

I *serious game* sono prodotti specifici che propongono attività che possono essere anche studiate, articolate e organizzate coi loro scopi specifici (Anolli & Mantovani, 2011) nel contesto di un mondo virtuale che ne costituisce quindi il contenitore.

3.4 *Serious game* e gamification.

La *gamification*, come il *serious game*, utilizza la componente ludica per realizzare scopi seri e spazia nella sua applicazione in moltissimi ambiti come quello

della formazione, della salute, dell'apprendimento ed altri ancora (Deterding et al., 2011). Per certi versi, dunque, i concetti di *gamification* e *serious game* paiono sovrapporsi e così sono spesso utilizzati impropriamente in modo intercambiabile; fra loro sussistono però differenze fondamentali. Deterding et al. (2011) definiscono la *gamification* come "l'uso di elementi di *game design* in contesti non di gioco", oltre a specificare come la nascita di questo concetto sia avvenuta nel settore dei media digitali e che l'utilizzo del termine, documentato per la prima volta nel 2008, sia diventato di uso comune qualche anno più tardi (Paharia, 2010, cit in Deterding et al., 2011). A partire da questa definizione Deterding specifica che "i *serious games* possono essere differenziati dalla *gamification* attraverso la dimensione parti/tutto" (Deterding et al., 2011): mentre il *serious game* consiste in un prodotto completo in sé, ossia in un gioco fruibile anche senza che sia aggiunto altro, la *gamification* è un processo che esiste perché applicato a un ambito, necessita quindi di un contesto di applicazione. Potremmo tradurre il concetto di *gamification* con ludicizzazione, ossia quel processo per cui un ambito o un'attività sia arricchita e integrata con meccaniche ed elementi di gioco. È naturale quindi che, sebbene i due strumenti non siano la stessa cosa possano coesistere all'interno di un medesimo contesto.

Conclusioni.

In questo primo capitolo al primo paragrafo si sono inizialmente inquadrati i *serious game* secondo una definizione e una storia di sviluppo che attraversa essenzialmente due periodi: il primo che precede l'anno 2002 e che rappresenta il periodo di nascita risalente circa agli albori della Rivoluzione Digitale, e il secondo che segue il 2002 e che ne vede l'affermazione come prodotto specifico sul mercato.

Il paragrafo secondo affronta gli ambiti di interesse tipici cui questi prodotti si riferiscono, ossia educazione, sanità, arte e cultura, difesa, formazione aziendale e

ambito commerciale, fornendo quindi un'idea più precisa sulla destinazione d'utilizzo e sulla diffusione che questi hanno fra i vari campi di applicazione. Sebbene oggi l'ambito commerciale pare quello per cui è sviluppata la maggior parte dei *serious game*, per l'educazione, campo che si colloca al secondo posto, il numero dei prodotti rimane comunque costantemente in crescita rispetto al passato.

Il paragrafo terzo affronta il tema delle differenze e delle somiglianze fra il *serious game* e altri tipi di prodotti basati sull'attività di gioco, quali i *videogame*, le attività di *edutainment*, i mondi virtuali e la *gamification*. La discriminazione di queste attività è utile perché si riesca meglio a comprendere la categoria e il genere di appartenenza dei *serious game*. Al pari di altre attività di *edutainment* i *serious game* utilizzano la filosofia di applicazione del mezzo ludico per l'apprendimento e vi differiscono invece per l'alto coinvolgimento che possono generare nello studente. Rispetto ai *videogame*, invece, differiscono proprio per la filosofia d'applicazione essendo questi ultimi realizzati unicamente per l'intrattenimento. Infine, i *serious game* possono associarsi con la *gamification* e i mondi virtuali dal momento che la prima, consistendo nella ludicizzazione di un ambito, può includere l'utilizzo dei *serious game* nel processo, mentre i secondi, risultando contenitori altamente immersivi, possono divenire parte fondamentale nella progettazione di un *serious game*.

Capitolo 2. L'applicazione dei *Serious game* per l'apprendimento

Introduzione.

In questo capitolo sono trattati diversi aspetti circa le caratteristiche e l'uso dei *serious game* per l'apprendimento.

Il primo paragrafo approfondisce alcuni aspetti teorici fondamentali, fra cui le qualità simulate e ludiche della mente umana rispetto l'apprendimento e, unitamente, il riferimento di tali caratteristiche con quelle proprie dei *serious game* come strumenti ludici e simulativi alla volta di formazione e apprendimento. Verso la fine del paragrafo, approfondendo teorie di riferimento utili, sostenute da una sezione dedicata alle evidenze empiriche, sono trattati diversi elementi teorici che fondano l'efficacia dei *serious game* per l'apprendimento.

Il secondo paragrafo tratta degli elementi necessari affinché si possa parlare di buona progettazione nella realizzazione di un *serious game*. Questo aspetto sarà ulteriormente approfondito attraverso la Teoria del flusso di Csikszentmihalyi (1990).

Il terzo paragrafo, infine, affronta in parte molti aspetti già trattati nel paragrafo ricollocandoli alla luce dei vantaggi e degli svantaggi che nascono dall'applicazione dei *serious game* per l'apprendimento.

1. Mente ludica, simulativa e apprendimento.

1.1 Il paradigma della mente simulativa

Il paradigma della mente simulativa (Anolli & Mantovani, 2011) emerge da una recente linea di ricerca per cui una mente è sempre *situata* in un corpo (*embodied mind*). Nel suo funzionamento non è quindi paragonata al pari di un elaboratore di informazioni, come accade nel paradigma dell'intelligenza artificiale, o ad un'attività relata di moduli fissi reciprocamente comunicanti, assomiglia più invece a un'elaborazione di

rappresentazioni che provengono da informazioni sensoriali. La conoscenza è quindi il risultato dell'elaborazione dell'esperienza (*grounded cognition*): sono i contenuti sensoriali, linguistici, affettivi, immaginativi e motivazionali a costituire il fondamento dei contenuti mentali, sia se la rappresentazione avviene in presenza diretta del fenomeno, sia se avviene in sua assenza. La mente risulta capace di simulare mappe di fenomeno non esistente al presente, riproducendolo, prevedendolo o generando possibili esiti futuri.

Grazie alle tecnologie digitali coi *serious game* è possibile estendere questa capacità simulativa della mente all'interno di simulazioni di moltissimi aspetti dell'esperienza, ottenendo così preziosi mezzi per l'acquisizione e il perfezionamento delle competenze umane (Anolli & Mantovani, 2011). In essi riescono infatti a condensarsi efficacemente tre dimensioni utili all'apprendimento: la dimensione simulativa, quella ludica e quella formativa (Anolli & Mantovani, 2011); la possibilità è quella di divenire mentalmente e operativamente esperti grazie alla capacità simulativa, attraverso il gioco e il divertimento.

L'apprendimento riguarda sia l'aspetto delle competenze procedurali, ossia *come* svolgere le attività, sia quello delle conoscenze dichiarative, ossia *cosa* è contenuto nelle informazioni trattenute; ma riguarda anche aspetti culturali come le competenze sociali quali la comunicazione, la cooperazione, il lavoro in gruppo, la leadership, la negoziazione e altre ancora (Anolli & Mantovani, 2011). Nel bambino il gioco rappresenta la forma principale di apprendimento delle numerose competenze a partire da quelle sociali, essenziali per interiorizzare la cultura cui appartiene; anche per l'adulto il gioco può costituire una modalità di formazione e apprendimento alternativa a quella dicotomica dovere/piacere, tempo lavorativo/tempo libero. Poiché che il processo formativo di un *serious game* si basa sull'intreccio fra mente ludica e mente

simulativa secondo una struttura simile a quella del gioco simbolico, consentendo alla persona di apprendere creando situazioni, scenari, disegnando prospettive alternative, anticipando tendenze e cambiamenti (Anolli, 2011, cit in Anolli & Mantovani, 2011), è dunque fondamentale che per una buona realizzazione del prodotto operi un'*equipe* di esperti costituita, oltre che da informatici, anche da specialisti nelle scienze umane fra cui psicologi (Anolli & Mantovani, 2011).

1.2 Mente ludica e mente simulativa.

Tracciare una demarcazione precisa fra attività ludica e attività impegnata pare, in molti casi, una questione complessa; la lingua inglese tenta differenziare i concetti sulla base di alcuni criteri (Anolli & Mantovani, 2011) utilizzando i termini *play* e *game*. *Play* definisce il gioco in quanto attività apparentemente più libera e poco seria e il termine sembra indicare maggiormente i comportamenti stessi di gioco rispetto ai fini da raggiungere col gioco: in questo tipo di attività sembra che l'importanza sia posta più sulla pratica dei gesti di gioco in vista di un'esecuzione funzionale, come può accadere ad esempio per un gioco di guerra (Špinka, Newberry, Bekoff, 2001, cit in Anolli & Mantovani, 2011). Il concetto di *game* (Anolli & Mantovani, 2011) sottolinea invece un'attività di gioco svolta in presenza di regole molto codificate utili a strutturare un contesto in cui i comportamenti del giocatore siano in stretta relazione a quelli degli altri giocatori, come avviene nel gioco degli scacchi.

Studi di etologia cognitiva e psicologia comparata (Anolli & Mantovani, 2011) ci dicono che il gioco non è un'attività esclusiva dell'*homo sapiens*: forme di attività ludica sono state rintracciate soprattutto presso gli scimpanzé, ma anche in altri mammiferi, rettili, pesci e uccelli (Fagen, 1981, cit in Anolli & Mantovani, 2011). Nel gioco si apprendono competenze indispensabili per la sopravvivenza e la riproduzione (Burkhardt, 2005 cit in Anolli & Mantovani, 2011; Tomasello & Call, 1997, cit in Anolli

& Mantovani, 2011) e, fra i diversi tipi di gioco, particolare rilevanza hanno i giochi sociali poiché consentono di apprendere l'esperienza del riconoscere le intenzioni altrui e divenire più precisi nelle previsioni riducendo gli errori dovuti al fraintendimento. In questo processo il sistema dei neuroni specchio svolge un ruolo fondamentale e, nonostante sia presente anche in altri animali, negli umani è particolarmente sviluppato facendo del gioco simulativo una prerogativa spiccatamente umana. I piccoli di scimpanzé praticano giochi di fantasia ma non giungono mai al processo mentale di far credere che qualcosa rappresenti dell'altro, per questo diciamo che i giochi dei primati non umani sono immaginativi e quelli degli umani, invece, simbolici (Mitchell, 2002, cit in Anolli & Mantovani, 2011).

Piaget (1945) cit in Anolli & Mantovani (2011) dice che col gioco il bambino fa esperienza del mondo fisico e sociale e ne diviene esperto, le competenze utili allo sviluppo non riguardano unicamente la sopravvivenza dell'individuo ma dell'intera specie: "se non sapessimo giocare, non avremmo l'opportunità di appropriarci di una gamma estesa di strumenti materiali e di modelli mentali che si estendono ai settori dell'esistenza", sottolineano Anolli e Mantovani (2011), aggiungendo che il gioco presiede allo sviluppo del cervello del bambino nella formazione "della rete sinaptica, della proliferazione delle cellule gliali, della mielinizzazione delle vie nervose, della crescita dei dendriti e degli assoni in termini di lunghezza e spessore" (Anolli & Mantovani, 2011).

Il gioco simulativo appare intorno ai 18-24 mesi, quando le azioni di routine e gli oggetti si distaccano dai loro ruoli tipici e iniziano ad essere impiegati in modi atipici e fantastici (Berk, 1991, cit in Anolli & Mantovani, 2011). Ciò che consente al bambino realizzare il gioco simbolico è la capacità di saper tenere assieme due strutture di significato distinte: "una struttura referenziale (reale) e una struttura ludica (simbolica)" (Anolli &

Mantovani, 2011). Il gioco simbolico è una delle prime forme di manifestazione della mente simulativa che consente di tenere alla presenza un certo oggetto nelle vesti di qualcos'altro (Bateson, 1972, cit in Anolli & Mantovani, 2011) e questa capacità di adoperare un universo simbolico giunge in concomitanza con lo sviluppo del linguaggio; d'altronde, per essere tale, di ogni gioco simbolico è necessario che i giocatori possano dire *questo è un gioco* (Anolli & Mantovani, 2011), esercitando quindi una modalità di avanzata di comunicazione nella forma della metacomunicazione. Perciò l'antropologo Terence Deacon (1997) cit in Anolli e Mantovani (2011) ritiene la capacità di simbolizzazione elemento primario nella nascita della cultura sostenendo quindi che la specie umana sia simbolica per eccellenza.

L'aspetto ludico e quello simulativo della mente consentono all'uomo lo "sviluppo di conoscenze e applicazioni (tecnologia), e delle manifestazioni più articolate della loro vita affettiva e relazionale, nonché delle loro espressioni creative e artistiche a vari livelli" (Anolli & Mantovani, 2011). Coi *serious game* si realizzano diverse forme di esperienza utili all'apprendimento e alla formazione e "il loro fondamento ultimo (e robusto) è il binomio *mente simulativa - mente ludica*, abbinato all'impiego delle tecnologie digitali più avanzate" (Anolli & Mantovani, 2011); ecco perché crediamo che essi rappresentino una sfida e una grande opportunità per il futuro.

1.3 Simulazione, gioco e apprendimento nel *Serious game*.

La componente simulativa (Anolli & Mantovani, 2011) dei *serious game* permette di sperimentare fenomeni virtuali grazie dei quali può avvenire l'apprendimento.

L'uso supporti digitali permette oggi di ottenere buonissimi gradi di fedeltà nella replicazione virtuale della realtà, anche se non per tutti i *serious game* questa è la prerogativa di un buon prodotto: le simulazioni possono essere ad alta o a bassa fedeltà

(Prensky, 2005, cit in Anolli & Mantovani, 2011). I *serious game* ad alta fedeltà tentano di riprodurre i fenomeni del reale col massimo grado di dettaglio, è il caso del contesto medico in cui risulta ad esempio utile rappresentare minuziosamente gli organi del corpo o i processi biologici. Nei *serious game* a bassa fedeltà si mette invece il focus non tanto nella riproduzione dell'esperienza fisica, quanto più nella simulazione di contesti e dinamiche utili all'apprendimento di competenze trasversali da applicare all'interno di contesti differenziati, come lo sviluppo delle capacità di *leadership*, delle competenze comunicative, della gestione del bullismo e così via.

La componente ludica (Anolli & Mantovani, 2011) è il motore motivazionale intrinseco dei *serious game*: consente l'elicitazione di emozioni positive che stimolano l'interesse, la curiosità, il senso d'esplorazione e della competizione, l'autoefficacia e la sensazione di successo (McGonigal, 2011 cit in Anolli & Mantovani, 2011); ciò avviene anche grazie alle meccaniche di gioco, come il sistema dei punteggi e la valutazione dinamica.

La componente di apprendimento (Anolli & Mantovani, 2011) è il fine dei *serious game* poiché l'obiettivo è lo sviluppo di conoscenze, competenze e capacità nei vari domini dell'esperienza. I *serious game* sono per questo spesso integrati da molteplici elementi guida che forniscono consegne e informazioni sul senso e lo svolgimento dell'attività; per lo stesso motivo sono per la maggior parte giocati in presenza di un esperto, come può essere l'insegnante o il formatore, in un contesto adeguato come un'aula scolastica o di formazione professionale. Ciò permette anche il confronto, lo scambio e la riflessione sull'esperienza di gioco, che può avvenire anche con eventuali altri giocatori-studenti presenti e facilitare così l'aumento della consapevolezza dei processi didattici.

1.4 Teorie per l'efficacia del *Serious game* nell'apprendimento.

“Il termine *gioco-serio* è spesso menzionato in letteratura come sinonimo del termine *apprendimento basato sul gioco*” (Schrader, 2023) e i *serious game* sono strumenti pensati per l'apprendimento degli studenti sul livello cognitivo, affettivo, motivazionale-comportamentale e sociale (Plass, Homer, Mayer & Kinzer, 2020 cit in Schrader, 2023; Prensky, 2001 cit in Schrader, 2023): per questo è importante identificare basi teoriche fondamentali che ne avvallino le potenzialità d'utilizzo.

Per la progettazione e la realizzazione di un buon *serious game* ci si è dunque riferiti alle seguenti prospettive: la prospettiva motivazionale, quella affettiva, quella socioculturale e quella cognitiva.

La prospettiva motivazionale. Quasi la totalità della letteratura indica la componente motivazionale come uno dei principali punti di forza di un *serious game* ben sviluppato. Essa è presente intrinsecamente nell'aspetto ludico (Malone & Lepper, 1987 cit in Schrader, 2023; Rigby & Ryan, 2011 cit in Schrader, 2023) del gioco e aiuta gli studenti a rimanere concentrati a lungo sul compito e a rinnovare nel tempo la pratica dell'attività. La natura interattiva e competitiva dei giochi aumenta gli effetti dei costrutti motivazionali (Schrader, 2023): seguendo la teoria di Vygotsky (1978) cit in Schrader (2023), la fornitura di uno stimolo adeguato all'interno della zona di sviluppo prossimale, insieme alla regolazione della difficoltà di sfida, consente il soddisfacimento dei bisogni di competenza, autonomia e relazionalità dello studente. Questi tre costrutti assieme formano i pilastri del modello *Player Experience of Need Satisfaction* (Rigby & Ryan, 2011 cit in Schrader, 2023), utile per identificare le caratteristiche che rendono un gioco soddisfacente. Anche per la teoria dell'autodeterminazione (Deci & Ryan, 1985 cit in Schrader, 2023; Ryan & Deci, 2002 cit in Schrader, 2023) il soddisfacimento di questi bisogni è fondamentale poiché

attivando la componente motivazionale sono elicitati comportamenti legati all'apprendimento.

La prospettiva affettiva. Teorie come la Teoria delle emozioni differenziali (Izard, 2007 cit in Plass et al., 2015), la Teoria del valore di controllo delle emozioni legate al raggiungimento (Pekrun, 2000 cit in Plass et al., 2015) e il Modello affettivo cognitivo integrato dell'apprendimento con la multimedialità (Plass & Kaplan, 2015 cit in Plass et al., 2015), sottolineano l'importante relazione e l'influenza reciproca fra cognizione ed emozione durante l'apprendimento, ciò che Izard chiama *l'interazione dinamica di emozione e cognizione* (Izard, 2009, cit in Plass et al., 2015).

Loftus e Loftus (1983) cit in Schrader (2023) indicano come il coinvolgimento attivo dei giocatori ne influenzi l'aspetto emotivo: il piacere che si prova ad esempio nell'alternanza fra esperienze di successo e di fallimento (Ravaja et al., 2006 cit in Schrader, 2023) sembra che abbia un impatto positivo sulle emozioni del giocatore-studente che, a loro volta, costituiscono un fattore di coinvolgimento. Un buon equilibrio fra questi due aspetti, infatti, costituisce ciò che la Teoria del valore di controllo delle emozioni legate al conseguimento (CVT) (Pekrun, 2006 cit in Schrader, 2023; Pekrun & Perry, 2014 cit in Schrader, 2023) chiama *sfida ottimale*, ossia un'esperienza costituita su un livello di sfida né troppo difficile né troppo facile per il giocatore, che consente un incremento della controllabilità percepita.

Quando si adotta una prospettiva affettiva per l'apprendimento basato sul gioco devono essere valutati gli aspetti emotivi e il relativo impatto sul coinvolgimento del giocatore, sia che facilitino sia che ostacolino l'apprendimento (Plass et al., 2015): se da una parte ad esempio potrebbe essere utile per riavvicinare studenti allontanatisi dall'apprendimento accademico (Griffiths, 2002 cit in Plass et al., 2015; Squire, 2008 cit in Plass et al., 2015), dall'altra potrebbe sortire un effetto negativo per

l'apprendimento, nel caso il gioco richieda troppe risorse per la regolazione emotiva allo studente (Huang & Tettegah, 2010, cit in Plass et al., 2015). Il *design emozionale* (Plass & Kaplan, 2016, cit in Schrader, 2023) risulta dunque un fattore fondamentale poiché praticamente ogni aspetto del gioco può essere usato con valenza emotiva.

La prospettiva socioculturale. Alcune teorie dell'apprendimento sociale (Bandura, 1977 cit in Schrader, 2023; Piaget, 1964 cit in Schrader, 2023; Vigotskij, 1978 cit in Schrader, 2023) ritengono l'apprendimento il risultato della costruzione e dell'applicazione della conoscenza sperimentata attraverso esperienze di successo e fallimento avute in relazione con gli altri. Queste caratteristiche esperienziali sono parte integrante dei giochi: oltre a migliorare l'apprendimento accademico attraverso la collaborazione fra studenti, partecipando a gruppi ad esempio, o adoperando la conoscenza collettiva in vista degli obiettivi, essi costituiscono contesti per il miglioramento delle abilità sociali first-century workforce (De Freitas, Rebolledo-Mendez, Liarokapis, Magoulas, & Poulouvasilis, 2010 cit in Schrader, 2023). durante l'apprendimento (Squire, 2006, 2011 cit in Plass et al., 2015).

La prospettiva cognitiva. Le componenti emotive, motivazionali e socioculturali tipiche dei giochi digitali sono importanti mediatori di processi e risultati cognitivi (Astleitner & Wiesner, 2004, cit in Schrader, 2023; Leutner, 2014, cit in Schrader, 2023; Moreno & Mayer, 2007, cit in Schrader, 2023; Plass & Kaplan, 2016, cit in Schrader, 2023): l'elicitazione di emozioni positive dirette al coinvolgimento, le componenti motivazionali utili per l'impegno e il mantenimento dell'attività, e, infine, l'aspetto interattivo e sociale, concorrono a produrre l'elaborazione cognitiva generativa nell'apprendimento (Mayer, 2014, cit in Schrader, 2023). La componente cognitiva coinvolta in alcune attività di gioco è una parte fondamentale per l'apprendimento, così come ampiamente documentato dalla psicologia (Plass et al., 2015). Per la progettazione

ai fini dell'apprendimento si adottano e spesso si mescolano solitamente elementi provenienti da tre teorie: quella comportamentista, quella cognitivista e quella costruttivista (Plass et al., 2015); in base alla teoria di riferimento saranno strutturate un tipo di sfida, un tipo risposte a disposizione e un tipo di *feedback* fornito. In un gioco basato su un approccio comportamentista, ad esempio, vi sarebbe una sfida con un piccolo ventaglio di scelte cui il giocatore può rispondere, e il feedback sarebbe correttivo indicando giusto/sbagliato; al contrario, un gioco basato su un approccio costruttivista consente ai giocatori di impostare le proprie sfide, disporre degli strumenti per rispondere e fornire un sistema di *feedback* tra pari (Plass et al., 2015).

1.5 Basi empiriche sull'efficacia del *Serious game* per l'apprendimento.

La ricerca sta indagando da tempo l'efficacia nell'applicazione dei *serious game* ai fini dell'apprendimento. Ecco alcuni esempi tratti dalla letteratura.

Un effetto positivo sulla motivazione e sui risultati dell'apprendimento cognitivo è stato osservato dagli studi empirici di Clark et al. (2016) cit in Schrader (2023), Connolly et al., (2012) cit in Schrader (2023), Velista e Homner (2020) cit in Schrader (2023), Wouters et al. (2013) cit in Schrader (2023).

Sailer e Homner (2020) cit in Schrader (2023), sintetizzando 38 studi in una meta-analisi, hanno mostrato risultati positivi sull'apprendimento cognitivo, e risultati su quello comportamentale e sulle componenti motivazionali (motivazione intrinseca, preferenze, atteggiamenti, impegno, fiducia e autoefficacia), anche se meno evidenti.

La meta-analisi di Sitzmann (2011) cit in Schrader (2023) su 65 studi, indagando se l'apprendimento coi giochi risultasse più efficace rispetto a quello attuato con altri media convenzionali, hanno riportato un effetto positivo dei giochi di simulazione sull'autoefficacia e sulla conoscenza concettuale, dichiarativa e procedurale, rispetto a metodi didattici alternativi e non ludici.

Wouters et al. (2013) cit in Schrader (2023), attraverso una meta-analisi che prende in considerazione 39 studi, hanno indagato l'efficacia dei *serious game* sulla motivazione e i risultati dell'apprendimento per un'ampia gamma di gruppi di età (dai bambini agli adulti), rispetto a metodi didattici tradizionali come le lezioni frontali, lettura e altri. I risultati sulla motivazione non mostrano differenze significative, mentre vi sono invece differenze rilevanti per quanto riguarda l'apprendimento nei suoi aspetti di memorizzazione e abilità cognitive.

Ebner e Holzinger (2007) cit in Schrader (2023) hanno indagato gli effetti dell'uso di un gioco *online* per la motivazione, il divertimento e i risultati dell'apprendimento rispetto all'insegnamento di una lezione tradizionale nel contesto dell'istruzione superiore. L'uso del gioco si è dimostrato effettivamente efficace per la motivazione e il divertimento ma non nei risultati di apprendimento.

Crocco, Offenholley e Hernandez (2016) cit in Schrader (2023), al contrario della precedente ricerca, hanno potuto osservare un incremento sia dell'aspetto motivazionale e di divertimento, così come anche un miglioramento dell'apprendimento rispetto l'insegnamento di lingua inglese e scienze in ambito universitario.

I confronti fra gli esiti di queste ricerche mostrano delle incoerenze riguardo l'efficacia dell'uso *serious game* nell'apprendimento rispetto la componente motivazionale, affettiva e cognitiva, suggerendo che non esiste ad ora una risposta che sia unica ed esaustiva a riguardo; ciò sembra essere anche dovuto all'alta variabilità della popolazione di studio, al tipo di gioco, al contenuto accademico e agli obiettivi d'apprendimento studiati (Schrader, 2023).

2. Progettazione di un buon *Serious game*.

2.1 Elementi per la progettazione di un buon *Serious game*.

Mayer (2020) cit in Schrader (2023) ha utilizzato la Teoria cognitiva dell'apprendimento multimediale (Mayer, 2009, cit in Schrader, 2023) e la Teoria del carico cognitivo (Sweller, Ayres e Kalyuga, 2011, cit in Schrader, 2023) per descrivere le modalità di apprendimento degli studenti nell'utilizzo di giochi digitali e per tentare di spiegare le discordanze empiriche viste poco sopra (Schrader, 2023).

L'uso dei *serious game* si è rivelato ambivalente per diverse ragioni, fra cui quelle che concernono la **motivazione**: le caratteristiche che costituiscono il potenziale per l'aumento motivazionale, ad esempio, possono risultare distraenti e determinare elaborazioni estranee al compito, sottraendo risorse cognitive all'elaborazione funzionale per l'apprendimento; nella progettazione è quindi necessario equilibrare gli aspetti motivanti e quelli distraenti così da realizzare un prodotto che sia utile (Mayer, 2020, cit in Schrader, 2023).

Clark et al. (2016) cit in Schrader (2023) hanno portato delle prove empiriche a sostegno delle affermazioni di Mayer redigendo una meta-analisi di 69 studi che mostra l'importanza della **personalizzazione** come aspetto rilevante nella progettazione del prodotto digitale: Risulta dunque necessario che la ricerca studi e guidi i *designer* nella progettazione delle caratteristiche adeguate che possono influenzare positivamente la motivazione, l'affetto e l'apprendimento nei giochi-seri (Schrader, 2023) rispetto alle caratteristiche dell'ambiente di applicazione e degli utilizzatori (Schrader, 2023).

La modalità di gioco: competizione e collaborazione. Clark et al. (2016) cit in Schrader (2023) mostrano che il fattore della *concorrenza* diviene più efficace per l'apprendimento all'aumentare dell'interazione sociale dei giocatori-studenti: questo si verifica soprattutto quando sono gruppi di studenti in collaborazione a competere contro

il sistema, rispetto ad una modalità *single player*. Risultati simili si trovano anche nella revisione condotta da Sailer e Homner (2020) cit in Schrader (2023). Questi dati sono importanti per mostrare come la modalità collaborativa delle attività promosse nei *serious game* possa risultare una preziosa risorsa, ad esempio in contesti marcatamente competitivi che possono suscitare sugli individui una pressione sociale eccessiva e un effetto distruttivo rispetto la partecipazione. Anche l'aspetto competitivo risulta funzionale per aumentare il divertimento e l'interesse situazionale (Plass et al., 2013, cit in Schrader 2023), così come per l'orientamento agli obiettivi (Vandercruysse et al., 2013 cit in Schrader, 2023) e nell'elicitare atteggiamenti positivi verso il contenuto accademico (Ke & Grabowski, 2007 cit in Schrader, 2023).

L'esito degli aspetti collaborativi e competitivi se applicati a un'impostazione personalizzata del gioco diviene ancora più efficace poiché il loro uso sarà tarato sulle caratteristiche dello studente, sulle sue conoscenze pregresse e la sua preferenza a competere o collaborare (Riemer & Schrader, 2020, cit in Schrader, 2023), incrementando la motivazione allo studio (Abu-Dawood, 2016, cit in Schrader, 2023).

Il controllo da parte dello studente si riferisce alla potenzialità di un gioco di poter essere gestito flessibilmente nelle componenti tecnologiche e nelle modalità di gioco (Bryant & Love, 1996, cit in Schrader, 2023), stabilendo per esempio in quale misura gli utilizzatori possono gestire la direzione presa nelle attività di gioco, la regolazione della difficoltà delle attività o la personalizzazione un avatar. Il costrutto del *controllo da parte dello studente* risulta una proprietà del prodotto digitale che si riflette nella psicologia dell'utilizzatore, ossia nella percezione di controllabilità percepita di influenzare o padroneggiare alcuni aspetti del sistema di gioco (Klimmt et al., 2007, cit in Schrader, 2023). La Teoria del valore di controllo (CVT) (Schrader, 2023) indica come il grado di controllabilità influisca sul fattore divertimento: se

l'attività è sentita come misuratamente controllabile ciò aumenterà il divertimento, in caso contrario indurrà frustrazione. Importante è quindi dosare la complessità di gestione del gioco secondo un crescendo che rispecchi l'esperienza del giocatore, come è suggerito dalla teoria del flusso (Abuhamdeh & Csikszentmihalyi, 2012, cit in Schrader, 2023; Nebel, Beege, Schneider e Rey, 2020, cit in Schrader, 2023).

Il **design estetico e narrativo** (Schrader, 2023) include tutta una serie di caratteristiche estetiche che risultano in relazione con l'affetto e la motivazione e che possono essere ben progettate ai fini dell'apprendimento basato sul gioco.

Il *design* visivo implica l'analisi degli effetti che colori e forme sortiscono sulla componente affettiva e cognitiva degli studenti: i colori caldi e le forme rotonde per esempio inducono emozioni positive (Um, et al., 2012 cit in Schrader, 2023).

Il *design* uditivo, invece, progetta musiche capaci di produrre effetto su motivazione e divertimento (Lipscomb & Zehnder, 2004, cit in Schrader, 2023): esistono infatti differenze in termini di memorizzazione in un ambiente virtuale che esibisce della musica, rispetto a uno che ne è privo (Fassbender et al., 2012, cit in Schrader, 2023).

Un buon *design* narrativo implica maggiori successi nel processo di apprendimento (Echeverria et al., 2012, cit in Schrader, 2023; Schneider et al., 2004, cit in Schrader, 2023): impiegare personaggi con sembianze umane in cui gli studenti possono a un certo livello identificarsi, insieme a una storia coinvolgente, elicitando emozioni positive nell'esperienza di gioco (Hefner et al., 2007, cit in Schrader, 2023).

Riguardo il *design*, narrativo o estetico, vige la stessa questione che abbiamo visto emergere in altri aspetti della progettazione: se da una parte una buona estetica può elicitare affetti positivi e un aumento della motivazione, dall'altra potrebbe verificarsi che gli stessi elementi provochino una dispersione delle risorse cognitive inducendo

distrazione, sovraccarico cognitivo e ostacolando così il processo d'apprendimento; è fondamentale quindi che la progettazione del gioco proceda ad equilibrare gli elementi motivanti allineandoli con i contenuti e gli obiettivi di apprendimento (Schrader, 2023).

Feedback e supporto (Schrader, 2023) sono componenti pedagogiche fondamentali nei *serious game* poiché portano il giocatore a riflettere e apprendere dal proprio comportamento e dalle proprie strategie di gioco; diverse ricerche ne sottolineano l'importanza (Erhel & Jamet, 2013, cit in Schrader, 2023; Rieber, 2005, cit in Schrader, 2023; Yaman, et al., 2008, cit in Schrader, 2023). Il *feedback* può essere fornito in modo immediato e istantaneo rispetto all'osservazione del risultato delle azioni compiute giocando ed è mostrato spesso sottoforma di punteggi, punti esperienza, badge o potenziamenti. Il supporto può fungere da chiarificatore del *feedback* o della navigazione nel gioco e può avvenire tramite messaggi, suggerimenti, istruzioni sullo schermo o anche tramite un avatar (Arroyo, et al., 2014, cit in Schrader, 2023; Leemkuil e de Jong, 2011, cit in Schrader, 2023; Mayer e Johnson, 2010, cit in Schrader, 2023).

Il *design* si deve occupare di trovare la modalità più utile di utilizzo e presentazione di *feedback* e supporti. Rigby e Ryan (2011) cit in Schrader (2023) sostengono che il *feedback* che informa sui progressi durante il gioco sia più motivante rispetto a quello che indica solo il successo e il fallimento in base al numero di punti e premi. Clark et al. (2016) cit in Schrader (2023) hanno osservato che più il *feedback* è personalizzato più risulta utile all'apprendimento. Mayer e Johnson (2010) cit in Schrader (2023), per concludere, si sono accorti che integrare il supporto tramite informazioni addizionali sullo schermo produca un maggiore trasferimento dei contenuti didattici appresi.

Anche per le meccaniche di *feedback* e supporto è fondamentale studiare, in fase di progettazione, un buon equilibrio sia nella frequenza che nella quantità. Un supporto

troppo frequente interromperebbe il flusso di gioco comportando perdita nell'autonomia e nel controllo percepiti (Vrugte & de Jong, 2011 cit in Schrader, 2023); ancora, per studenti che possiedono una buona conoscenza pregressa e che potrebbero avere successo con poco o nessun supporto, ciò avrebbe un effetto dannoso (Tobias, et al., 2011, cit in Schrader, 2023). Pure in questo caso il grado di personalizzazione risulta determinante sull'efficacia degli elementi ai fini dell'apprendimento: "gli approcci che adattano il supporto al singolo studente intervenendo solo dove necessario possono aiutare a evitare la perdita delle qualità motivazionali di un approccio di apprendimento basato sul gioco" (Schrader, 2023).

Usabilità. Una buona usabilità del prodotto è importante poiché consente allo studente di interagire col gioco allocando adeguatamente le proprie risorse cognitive sulle informazioni rilevanti (Kiili et al., 2012) così da svolgere utilmente i compiti e raggiungere gli obiettivi (McGrenere et al., 2000, cit in Kiili et al., 2012). Se questo avviene, solitamente, diciamo che l'artefatto è semplice e facilmente apprendibile (Forlizzi & Ford, cit in Kiili et al., 2012), tuttavia, un gioco che ha per obiettivo l'apprendimento non può risultare facile in tutte le sue parti dal momento che per costruire la conoscenza è necessario vi sia un determinato carico cognitivo" (Sweller et al., 1998, cit in Kiili et al., 2012). Ecco perché un'usabilità ponderata risulta essenziale per rendere un artefatto fruibile ai fini di una buona esperienza educativa: permette di ottimizzare le risorse intellettive per l'attività di apprendimento e aumenta il coinvolgimento nell'attività.

2.2 Un buon riferimento: la Teoria del flusso.

Quando la progettazione di tutte le componenti fondamentali di gioco riesce ad essere integrata in maniera ottimale in funzione dell'apprendimento, è possibile che lo studente viva un'*esperienza ottimale*, come la chiama Csikszentmihalyi (1975), cit in

Kiili et al. (2012); Csikszentmihalyi (1991), cit in Kiili et al. (2012). Egli la descrive anche come **stato di flusso**: “uno stato di completo assorbimento o coinvolgimento in un’attività” (Kiili et al., 2012), riferendosi a un’esperienza in cui la persona sperimenta uno stato psicologico di coinvolgimento nell’attività tale che null’altro sembra avere importanza al momento” (Kiili et al., 2012). Per questo Csikszentmihalyi pone particolare enfasi sugli aspetti di *divertimento* e *piacere* come elementi chiave per l’attività d’apprendimento: la gratificazione sperimentata nello stato di flusso cattura l’attenzione sull’attività al punto da limitare gli elementi intrusivi che renderebbero più difficile l’apprendimento.

Legati allo stato di flusso ci sono tre momenti chiave: gli antecedenti del flusso, lo stato di flusso e le conseguenze del flusso.

2.2.1 Gli antecedenti del flusso.

Gli antecedenti del flusso contribuiscono affinché l’esperienza di flusso possa verificarsi: si tratta di elementi chiave da considerare nella progettazione dei giochi educativi” (Kiili et al., 2012). Essi sono: la chiarezza degli obiettivi, il senso di controllo, il rapporto tra sfida-abilità, la gratificazione e il *feedback*.

L’**obiettivo principale** (Kiili et al., 2012) deve essere chiaro dall’inizio del gioco: deve essere suddiviso in sotto-obiettivi forniti secondo un ritmo appropriato per garantire sensazioni di successo. Qualora questi risultassero troppo impegnativi verrebbe compromessa la possibilità di sperimentare lo stato di flusso. Per un gioco didattico è inoltre necessario che gli stessi siano correlati agli obiettivi di apprendimento del gioco poiché, se risultassero distinti, il gioco non potrebbe produrre esperienze didatticamente efficaci.

I *feedback* (Kiili et al., 2012), come abbiamo già visto, risultano fondamentali allo scopo di informare il giocatore circa le proprie prestazioni e i progressi verso gli

obiettivi. Uno dei principali problemi dell'apprendimento tramite i giochi è che nella maggior parte dei casi i *feedback* sono spesso generalizzati anziché personalizzati sul giocatore (Kiili et al., 2012) e questo provoca un impedimento per l'esperienza di flusso.

Il **senso di controllo** sul gioco (Kiili et al., 2012) offre un senso di efficacia nella risoluzione dei problemi. Questo senso si riferisce in realtà più a un senso di possibilità, rispetto che a un'attualità di controllo (Csikszentmihalyi, 1991), cit in Kiili et al., 2012): intuire che è si è in grado di poter sviluppare le competenze sufficienti a ridurre un margine d'errore vicino al minimo rende l'esperienza più confortevole.

L'**equilibrio sfida-abilità** (Kiili, 2005, cit in Kiili et al., 2012) consente al giocatore di apprendere costantemente in modo graduale e adeguato alle sue abilità; per questo è fondamentale che le sfide siano correlate al compito principale e ai propositi dell'obiettivo d'apprendimento (Kiili et al., 2012).

L'**esperienza gratificante** si ottiene nel gioco grazie anche al ruolo fondamentale che hanno le esperienze negative (Kiili et al., 2012). *Noia e ansia*, ad esempio, costituiscono i presupposti che spingono il giocatore a lottare per ripristinare lo stato di flusso. Se il giocatore fosse annoiato, ad esempio, potrebbe alzare la difficoltà di gioco o ricercare un avversario appropriato che gli dia "del filo da torcere", allenando così nuovamente le sue abilità.

2.2.2 Lo stato di flusso.

Delle esperienze di flusso le persone riferiscono alcune caratteristiche vissute: concentrazione, distorsione del tempo, esperienza gratificante e perdita di autocoscienza (Kiili et al., 2012). Le attività che inducono il flusso richiedono concentrazione completa e non lasciano quasi alcuna risorsa cognitiva per informazioni irrilevanti rispetto all'attività stessa. Sotto questo profilo il gioco e lo sport convergono (Jackson & Csikszentmihalyi, 1999, cit in Kiili et al., 2012): anche se il risultato della performance

sportiva è fondamentale, il flusso non dipende solo dal risultato finale dell'attività, ma offre qualcosa di più, ossia la gratificazione prodotta dall'esperienza stessa.

Dato il contesto d'apprendimento è fondamentale specificare la differenza fra lo stato di flusso e lo stato d'immersione: mentre nel flusso il giocatore si concentra completamente ma volontariamente su un'attività diretta a un obiettivo, nell'immersione esso diventa sensorialmente o virtualmente parte dell'esperienza stessa e ha la sensazione che una realtà altra prenda possesso completamente della propria attenzione (Ermi & Mäyrä, 2005, cit in Kiili et al., 2012). La volontarietà attenzionale, assieme alle altre caratteristiche dello stato di flusso, rendono i *serious game* degli strumenti privilegiati per l'apprendimento (Kiili et al., 2012).

2.2.3 Le conseguenze del flusso.

Attraverso l'utilizzo del *serious game Realgame* (Kiili et al., 2012) da parte degli studenti dell'Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Turku in Finlandia, i ricercatori hanno potuto analizzare alcuni fra gli elementi fondamentali che rendono *buono* un *serious game*. Particolare attenzione è stata data all'analisi del ruolo dello stato di flusso rispetto all'apprendimento (Kiili et al., 2012). La ricerca ha mostrato come ai giocatori sia stato infatti permesso di spingersi al limite delle proprie risorse mentali tentando di superare le sfide utili ad acquisire nuove abilità. Va però detto, come specificano gli autori (Kiili et al., 2012), che la risorsa più preziosa attivata nell'esperienza di flusso non è il fatto che lo studente-giocatore sia agevolato nel compito dell'apprendimento, quanto più che l'attività continui a essere praticata per il gusto di praticarla anche quando viene meno un preciso obiettivo nel futuro. Lo stesso avviene in molti casi anche negli sport poiché che buona parte della gratificazione risiede proprio nello svolgimento dell'attività in sé. Queste condizioni promuovono un apprendimento continuo (Kiili et al., 2012) combinando modalità didattiche "formali",

come può esserlo il canonico percorso scolastico, con modalità “informali”, praticate cioè per altre vie.

3. Vantaggi e svantaggi nell'applicazione dei *Serious game* per l'apprendimento.

Gli sforzi per migliorare l'usabilità della tecnologia nel campo dell'istruzione sono notevolmente aumentati, anche a causa della pandemia di Covid-19 del 2020 e, in questa rivoluzione testimoniata anche dalla creazione di nuove apparecchiature basate sull'intelligenza artificiale, un ruolo centrale è svolto dall'applicazione dei *serious game* nei contesti d'apprendimento (Fraga-Varela et al., 2021, cit in Lopez et al., 2023). È importante quindi che la ricerca continui a produrre dati sull'efficacia di tali strumenti, analizzandone i punti di forza e di debolezza nelle varie condizioni di applicazione (Lopez et al., 2023).

In questo paragrafo sono dunque trattati, grazie a uno sguardo su diversi studi della letteratura di riferimento, alcuni fra i principali aspetti vantaggiosi e svantaggiosi dell'uso dei *serious game* nei contesti di apprendimento.

Girard et al. (2013) hanno condotto una rassegna sistematica che confronta 30 articoli della letteratura scientifica con lo scopo di mostrare la reale efficacia dell'uso dei *serious game* nei contesti di apprendimento. Dalla letteratura analizzata emerge (Farrington, 2011, cit in Girard et al., 2013) la tendenza di un parere favorevole circa le potenzialità dei *serious game* spiegata dall'esistenza di una relazione causale significativa fra impegno, motivazione e apprendimento (Annetta et al., 2010, cit in Girard et al., 2013; Baker et al. 2010, cit in Girard et al., 2013; Cavaliere et al. 2010, cit in Girard et al., 2013; Sitzmann 2011, cit in Girard et al., 2013) e il fatto che proprio la motivazione e il coinvolgimento costituiscono i fattori di forza maggiore nell'apprendimento tramite il gioco (Annetta et al 2009, cit in Girard et al., 2013;

Wrzesien e Raya 2010, cit in Girard et al., 2013). Questo rappresenta un punto a favore rispetto all'uso di materiali tradizionali d'insegnamento benché altre ricerche (Girard et al., 2013), seppur in numero ridotto, mostrano che proprio alcuni fra gli elementi costitutivi dei *serious game*, come la grafica 3D, possono disturbare l'attenzione dello studente compromettendo l'apprendimento. Nelle conclusioni gli autori tengono a sottolineare l'importanza per la ricerca di produrre nuovi dati empirici per produrre ulteriore conoscenza a riguardo.

Una rassegna sistematica (Lopez et al., 2023) prodotta nel 2023, quindi molto recente, afferma la tendenza della letteratura a concentrarsi sullo studio dei vantaggi derivanti dall'applicazione dei *serious game*, tralasciando l'analisi approfondita degli aspetti svantaggiosi (Lopez et al., 2023): su 54 studi analizzati, 25 riportano un'analisi dei vantaggi, altri 25 ne menzionano sia i vantaggi che gli svantaggi, 3 studi riportano esclusivamente gli aspetti svantaggiosi e per un altro singolo studio non sono emersi dati significativi nel confronto fra gli aspetti vantaggiosi e quelli svantaggiosi (Lopez et al., 2023).

3.1 I vantaggi dei *Serious game* per l'apprendimento.

Rosas et al. (2003) hanno condotto uno studio su 1274 studenti provenienti da scuole economicamente svantaggiate del Cile, indagando gli effetti dei *serious game* sulla **motivazione** all'apprendimento in classe misurando la preferenza dei bambini a utilizzare i giochi-seri nella didattica rispetto ad altri strumenti tradizionali. I risultati dicono che i gruppi sperimentali preferiscono l'uso del gioco nella didattica (Rosas et al., 2003) e che tale preferenza è mantenuta anche per le attività svolte nei momenti ricreativi: l'osservazione ha mostrato un aumento della felicità al momento di utilizzo del gioco e delle lamentele, anche da parte degli insegnanti, circa la scarsità del tempo messo a disposizione per lo studio tramite il gioco. La conclusione dello studio mostra

come gli studenti dei gruppi sperimentali hanno sviluppato maggiore interesse e attenzione per l'apprendimento e una crescente motivazione nella frequenza scolastica (Rosas et al., 2003).

L'introduzione di un *serious game* nella didattica permette il vantaggio di elicitare motivazione entusiasmo, interesse, impegno e coinvolgimento per l'attività, ottenendo effetti positivi per l'autoefficacia, l'autodeterminazione, l'attribuzione e l'orientamento agli obiettivi (Lopez et al., 2023) e generando quindi apprendimento sociale e cognitivo (Bottino et al., 2014, cit in Lopez et al., 2023) come l'acquisizione di nuove conoscenze, il miglioramento di prestazioni e competenze, miglioramento nella comprensione degli argomenti trattati e lo sviluppo del pensiero critico (Lopez et al., 2023). L'uso dei *serious game* riguarda dunque solo l'apprendimento teorico di contenuti, ma ha il vantaggio di motivare lo studente all'apprendimento coinvolgendolo attivamente nella didattica (Lopez et al., 2023).

Un ulteriore vantaggio riguarda gli effetti sull'autoregolazione nell'apprendimento (Samaniego Ocampo, 2017). Zimmerman & Schunk (2011) cit in Samaniego Ocampo (2017) definisce questo aspetto come "processo attraverso il quale gli studenti attivano e mantengono da soli la propria motivazione, cognizione e comportamenti sistematicamente finalizzati al raggiungimento dei propri obiettivi di apprendimento", e considerano nella loro ricerca l'autoregolamentazione come *attitudine*. Gli autori concludono che l'uso del *serious game* possa essere effettivamente vantaggioso per l'apprendimento autoregolato ma ciò avviene quando le meccaniche di gioco sono state strutturate su un modello teorico valido (Samaniego Ocampo, 2017).

3.2 Gli svantaggi dei *Serious game* per l'apprendimento.

I vantaggi nell'applicazione dei *serious game* in contesti d'apprendimento dipendono sia dalle caratteristiche del prodotto che dalle modalità applicative proposte dall'insegnante (Backlund e Hendrix, 2013, cit in Lopez et al., 2023).

Se il prodotto è ben realizzato, gli svantaggi sono primariamente legati ad un uso inadeguato del gioco-serio che può provocare effetti negativi, ad esempio nella sfera affettiva dello studente, inducendo stati ansia, stress, rabbia, noia e frustrazione (Hanna et al., 2021, cit in Lopez et al., 2023; Rocha & Dondio, 2021, cit in Lopez et al., 2023), e compromettendo quindi l'obiettivo educativo. A questo proposito alcune ricerche (Hafeez, 2021, cit in Lopez et al., 2023; Shiau Gee et al., 2022, cit in Lopez et al., 2023) mostrano come proporre impropriamente l'applicazione di un *serious game*, ad esempio da parte di insegnanti che non dispongono delle conoscenze e delle metodologie adatte, sia svantaggioso poiché genera esaurimento e scoramento negli alunni, sensazioni vaghe di perdita di tempo e percezione di complessità circa le questioni poste, con conseguenze di disimpegno dallo studio e falsa attribuzione nel raggiungimento degli obiettivi.

Egli e Meyers (1984) cit in Rosas et al. (2003) si sono posti a tre due differenti questioni di rischio: quello della dipendenza e quello dell'isolamento sociale, che possono essere associate ad un uso improprio dei *videogame*. Nella loro ricerca sul ruolo dei *videogame* nell'adolescenza, Egli & Meyers (1984) mostrano come una parte dei ragazzi inclusi nel campione possa sviluppare comportamenti compulsivi e di dipendenza nell'uso dei giochi, preferendo l'attività di gioco rispetto ad altre. Questi aspetti svantaggiosi per l'apprendimento e soprattutto gli effetti pericolosi per la salute della persona sono stati ridimensionati da altre ricerche (Rosas et al., 2003) che hanno indagato questi fattori in relazione all'aspetto educativo: Rosas et al. (2003) osservano che l'attività coi giochi in aula è occasione di cooperazione e interazione verbale fra pari

quando gli studenti sono stimolati alla condivisione e al sostegno reciproco come strumento di *problem solving* per le *task* di gioco (Rosas et al., 2003). Inoltre, sebbene in un primo momento l'attività di gioco con i *devices* digitali con era nettamente preferita rispetto altre attività ludiche tipiche dei momenti ricreativi, passato l'effetto novità il numero dei bambini che preferivano il gioco digitale tendeva a diminuire drasticamente.

Conclusioni.

Nel secondo capitolo di questa tesi sono stati approfonditi diversi aspetti teorici ed empirici relativi all'efficacia del *serious game* applicato all'apprendimento.

Al primo paragrafo è trattato inizialmente il paradigma della mente simulativa utile a mostrare le caratteristiche ludiche e simulate intrinseche della mente alla luce dell'apprendimento. La capacità di simbolizzazione della mente umana consente l'apprendimento di molte delle competenze e delle conoscenze fondamentali per la sopravvivenza dell'individuo e della specie. Infatti, il gioco simbolico, che rappresenta una necessità nello sviluppo del bambino, può rappresentare anche un'occasione di apprendimento per l'adulto; ciò può avvenire proprio attraverso l'uso dei *serious game*. Verso la fine del paragrafo sono state quindi approfondite le caratteristiche intrinseche di questi prodotti che uniscono simulazione, gioco e apprendimento. Questi aspetti sono stati esaminati alla luce di teorie e dati empirici che sottolineano l'efficacia dell'applicazione di questi strumenti nei contesti di apprendimento.

Il secondo paragrafo ha trattato degli elementi fondamentali nella progettazione di un buon *serious game* per l'apprendimento e individuato nella Teoria del flusso di Csikszentmihalyi (1990) il riferimento teorico adatto per descrivere l'esperienza adeguata dello studente come risultato di una buona progettazione. È stato dunque approfondito lo stato di flusso nelle sue caratteristiche e analizzati gli antecedenti del

flusso come elementi prerogativi dell'esperienza e le conseguenze in vista dei fini validi all'apprendimento.

Il terzo paragrafo conclude il capitolo con l'esame di molteplici elementi alla luce dei vantaggi e degli svantaggi che i *serious game* rappresentano nella didattica. Per quanto riguarda i vantaggi sono stati approfonditi molti degli effetti motivazionali sull'apprendimento di competenze e conoscenze sul piano sociale e cognitivo, con effetti positivi per l'autoregolazione dello studente, il coinvolgimento allo studio, la frequenza scolastica ed altri aspetti. Gli svantaggi trattati rappresentano soprattutto l'elicitazione di stati affettivi spiacevoli, che risultano d'intralcio all'apprendimento e gli aspetti fondamentali della compulsione al gioco e dell'isolamento sociale, rischi gravi per il benessere della persona. Le ricerche hanno sottolineato che l'importanza di una corretta progettazione e di un uso consapevole e appropriato sono le chiavi per la valorizzazione dei vantaggi e la minimizzazione degli svantaggi di questi tipi di prodotti.

Capitolo 3. Funzioni esecutive e Disturbi del neurosviluppo.

Introduzione.

Al primo paragrafo di questo capitolo sono introdotti i Disturbi del neurosviluppo descritti dal Manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali (DSM) (APA, 2013). Questo al fine di comprendere meglio le specifiche cliniche della Disabilità intellettiva, dei Disturbi della comunicazione, del Disturbo dello spettro d'autismo (ASD), del Disturbo da deficit di attenzione/iperattività (ADHD), del Disturbo specifico dell'apprendimento (DSA) e dei Disturbi del movimento.

Al secondo paragrafo sono presentate le Funzioni Esecutive sul modello di Miyake e colleghi (2000): i processi di Inibizione, Memoria di lavoro e Flessibilità cognitiva sono descritti accennando anche alla dimensione di sviluppo. In particolare è presentato il modello di Adele Diamond (2013) che riprende e approfondisce il modello di Miyake e colleghi (2000) specificandone alcuni aspetti di specifici fondamentali, le relazioni fra FE e l'introduzione dell'Intelligenza fluida come FE superiore.

Al terzo paragrafo è approfondita la relazione che i Disturbi specifici dell'apprendimento (DSA), il Disturbo da attenzione e iperattività (ADHD), il Disturbo dello spettro d'autismo (ASD) e la Disabilità intellettiva intrattengono con le funzioni esecutive.

Il quarto e ultimo paragrafo del capitolo tratta dell'importanza che il ruolo delle FE rappresenta per il benessere del bambino nel periodo scolastico, sia per il processo d'apprendimento che per quello di socializzazione.

1. I Disturbi del neurosviluppo.

“I disturbi del neurosviluppo sono un gruppo di condizioni con esordio nel periodo dello sviluppo. I disturbi si manifestano tipicamente nelle prime fasi dello sviluppo, spesso

prima che il bambino inizi la scuola elementare, e sono caratterizzati da *deficit* dello sviluppo che causa una compromissione del funzionamento personale, sociale, scolastico o lavorativo. Il range dei deficit dello sviluppo varia da limitazioni molto specifiche dell'apprendimento o del controllo delle funzioni esecutive fino alla compromissione globale delle abilità sociali o dell'intelligenza" (American Psychiatric Association [APA], 2013). I disturbi del Neurosviluppo comprendono: la **Disabilità intellettiva**, i **Disturbi della comunicazione**, il **Disturbo dello spettro d'autismo (ASD)**, il **Disturbo da attenzione/iperattività (ADHD)**, il **Disturbo specifico dell'apprendimento (DSA)** e i **Disturbi del movimento**.

La **Disabilità intellettiva** o disturbo dello sviluppo intellettivo (APA, 2013) comprende deficit di funzionamento sia intellettivo che adattivo negli ambiti culturali, sociali e pratici. I livelli di gravità (lieve, moderata, grave ed estrema) sono stabiliti sul grado di funzionamento adattivo che determina il grado di assistenza necessaria. I criteri che devono essere soddisfatti per fare diagnosi sono:

A. Deficit delle funzioni intellettive, come ragionamento, *problem solving*, pianificazione, pensiero astratto, capacità di giudizio, apprendimento scolastico e apprendimento dall'esperienza, confermati sia da una valutazione clinica sia da *test* di intelligenza individualizzati e standardizzati.

B. Deficit del funzionamento adattivo che porta al mancato raggiungimento degli standard di sviluppo e socioculturali di autonomia e di responsabilità sociale. Senza un supporto costante, i deficit adattivi limitano il funzionamento in una o più attività della vita quotidiana, come la comunicazione, la partecipazione sociale e la vita autonoma, attraverso molteplici ambienti quali casa, scuola, ambiente lavorativo e comunità.

C. Esordio dei deficit intellettivi e adattivi durante il periodo di sviluppo,

Il decorso può essere influenzato da condizioni mediche o genetiche sottostanti e da condizioni concomitanti. Interventi precoci e continuativi possono migliorare il funzionamento adattivo per tutta l'infanzia o l'età adulta tanto che in alcuni casi la diagnosi di Disabilità intellettiva può non essere più appropriata. Le valutazioni diagnostiche devono indicare se il miglioramento delle abilità adattive sia il risultato di una stabile acquisizione o se questo sia condizionato dalla presenza dei supporti e degli interventi in corso.

I **Disturbi della comunicazione** (APA, 2013) comprendono deficit del linguaggio, dell'eloquio e della comunicazione. Con eloquio ci si riferisce alla produzione espressiva di suoni nelle sue componenti di articolazione, fluenza, voce e qualità di risonanza di un individuo. Per linguaggio si intende la forma, la funzione, l'utilizzo coerente del sistema convenzionale di simboli. Per comunicazione si intende qualsiasi comportamento verbale o non verbale che influenza comportamento, idee e attitudini degli altri. Le valutazioni dello sviluppo del linguaggio e della capacità intellettiva non verbale devono essere pertinenti al gruppo culturale e linguistico dei soggetti. I Disturbi della comunicazione comprendono il Disturbo del linguaggio, il Disturbo fonetico-fonologico, il Disturbo della fluenza con esordio nell'infanzia (balbuzie) e il Disturbo della comunicazione sociale (pragmatica).

Nel **Disturbo dello spettro d'autismo** (APA, 2013) le manifestazioni del disturbo variano molto anche in base al livello di gravità della condizione autistica, al livello di sviluppo e all'età cronologica; da qui il termine *spettro*. Il livello di gravità si valuta sulla base della compromissione della comunicazione sociale e sui pattern di comportamento ristretti e ripetitivi. Lo spettro d'autismo comprende oggi molti di disturbi che erano precedentemente classificati in altri termini, come l'autismo infantile precoce, autismo infantile, autismo Kanner, autismo ad alto funzionamento, autismo

atipico, disturbo pervasivo dello sviluppo senza specificazione, disturbo disintegrativo dell'infanzia e disturbo di Asperger (APA, 2013). In comorbilità col Disturbo dello spettro d'autismo troviamo spesso anche compromissione intellettiva e/o del linguaggio, così come deficit motori e una predisposizione verso ansia e depressione (APA, 2013). I criteri che devono essere soddisfatti per fare diagnosi sono:

A. Deficit persistenti della comunicazione sociale e dell'interazione sociale in molteplici contesti, come manifestato dai seguenti fattori, presenti attualmente o nel passato:

1. Deficit della reciprocità socio-emotiva, che vanno, per esempio, da un approccio sociale anomalo e dal fallimento della normale reciprocità della conversazione; a una ridotta condivisione di interessi, emozioni o sentimenti; all'incapacità di dare inizio o di rispondere a interazioni sociali.

2. Deficit dei comportamenti comunicativi non verbali utilizzati per l'interazione sociale, che vanno, per esempio, dalla comunicazione verbale e non verbale scarsamente integrata; ad anomalie del contatto visivo e del linguaggio del corpo o deficit della comprensione e dell'uso dei gesti; a una totale mancanza di espressività facciale e di comunicazione non verbale.

3. Deficit dello sviluppo, della gestione e della comprensione delle relazioni, che vanno, per esempio, dalle difficoltà di adattare il comportamento per adeguarsi ai diversi contesti sociali; alle difficoltà di condividere il gioco di immaginazione o di fare amicizia; all'assenza di interesse verso i coetanei.

B. Pattern di comportamento, interessi o attività ristretti, ripetitivi, presenti attualmente o nel passato.

C. I sintomi devono essere presenti nel periodo precoce dello sviluppo (ma possono non manifestarsi pienamente prima che le esigenze sociali eccedono le capacità limitate, o possono essere mascherati da strategie apprese in età successiva).

D. I sintomi causano compromissione clinicamente significativa del funzionamento in ambito sociale, lavorativo o in altre aree importanti.

E. Queste alterazioni non sono meglio spiegate da disabilità intellettiva o da ritardo globale dello sviluppo. La disabilità intellettiva il disturbo dello spettro dell'autismo spesso sono presenti in concomitanza; per porre diagnosi di comorbidità di disturbo dello spettro dell'autismo e disabilità intellettiva, il livello di comunicazione sociale deve essere inferiore rispetto a quanto atteso per il livello di sviluppo generale.

I sintomi vengono riconosciuti nel secondo anno di vita ma possono essere osservati prima dei 12 mesi se il ritardo dello sviluppo è grave e dopo i 24 se i sintomi sono attenuati. Il disturbo in questione non è degenerativo ed anzi tipico che apprendimento e compensazioni progrediscono per tutto l'arco di vita (APA, 2013).

Il Disturbo da deficit di attenzione /iperattività (APA, 2013).

A. Un pattern persistente di attenzione e/o iperattività-impulsività che interferisce con il funzionamento o lo sviluppo.

B. Diversi sintomi di disattenzione o di iperattività-impulsività erano presenti prima dei 12 anni.

C. Diversi sintomi di disattenzione o di iperattività-impulsività si presentano in due o più contesti.

D. Vi è una chiara evidenza che i sintomi interferiscono con, o riducono, la qualità del funzionamento sociale, scolastico o lavorativo.

E. I sintomi non si presentano esclusivamente durante il decorso della schizofrenia o di un altro disturbo psicotico e non sono meglio spiegati da un altro disturbo mentale.

La *disattenzione* si manifesta come divagazione dal compito, mancanza di perseveranza, difficoltà a mantenere l'attenzione e disorganizzazione, e non è causata da atteggiamento di sfida o da mancanza di comprensione. L'*iperattività* è riferita a

un'elevata attività motoria in momenti in cui è inappropriata, o a un eccessivo dimenarsi o loquacità. L'*impulsività* si riferisce ad azioni affrettate che avvengono all'istante, senza premeditazione, e che hanno un alto potenziale di danno per l'individuo. Essa può riferirsi a un desiderio di ricompensa immediata o incapacità a ritardare la gratificazione. Spesso si osservano i sintomi nei primi anni di vita del bambino, ma è durante i primi anni di scuola elementare che i sintomi si distinguono per caratterizzare effettivamente il disturbo. I modelli di interazione familiare non sembrano influenzare l'insorgenza dei sintomi ma possono influenzarne il decorso o contribuire allo sviluppo secondario di problemi della condotta.

Il Disturbo specifico dell'apprendimento (APA, 2013) ha un'origine biologica che si trova alla base delle anomalie cognitive associate ai comportamenti sintomatologici e comprende un'interazione di fattori genetici, epigenetici e ambientali, che colpiscono le capacità cerebrali di percepire o processare informazioni verbali e non verbali in modo efficiente e preciso (APA, 2013). Negli anni prescolastici il disturbo è spesso preceduto da ritardi nell'attenzione nel linguaggio e nelle abilità motorie, inoltre, risulta comune un profilo di abilità irregolari, come abilità sopra la media nel disegno, nella progettazione, e in altre abilità visuospatiali, anche se con lettura lenta, faticosa e imprecisa (APA, 2013). Individui affetti da questo disturbo presentano spesso scarse prestazioni ai *test* psicologici di elaborazione cognitiva, tuttavia non è chiaro se queste anomalie cognitive siano la causa, siano correlate o siano la conseguenza delle difficoltà di apprendimento. Il disturbo in questione dura per tutto l'arco di vita anche e il decorso e le manifestazioni cliniche sono variabili e dipendono in gran parte dalle interazioni tra i compiti richiesti dal contesto ambientale, dalla varietà e gravità delle difficoltà di apprendimento dell'individuo, dalle sue abilità e dai sistemi di sostegno e di intervento disponibili. È necessario specificare se è presente compromissione nella lettura,

nell'espressione scritta o nel calcolo. I criteri che devono essere soddisfatti per fare diagnosi sono:

A. Difficoltà di apprendimento e nell'uso di abilità scolastiche, come indicato dalla presenza di almeno uno dei sintomi che sono persistiti per almeno sei mesi, nonostante la messa disposizione di interventi mirati su tali difficoltà.

B. Le abilità scolastiche colpite sono notevolmente e quantificabilmente al di sotto di quelle attese per l'età cronologica dell'individuo e causano significativa interferenza con il rendimento scolastico o lavorativo, o con le attività della vita quotidiana.

C. Le difficoltà di apprendimento iniziano durante gli anni scolastici ma possono non manifestarsi pienamente fino a che la richiesta rispetto a queste capacità scolastiche colpite supera le limitate capacità dell'individuo.

D. Le difficoltà di apprendimento non sono meglio giustificate da disabilità intellettive, acuità visiva o uditiva alterata, altri disturbi mentali o neurologici, avversità psicosociali, mancata conoscenza della lingua dell'istruzione scolastica o istruzione scolastica inadeguata.

I disturbi del movimento (APA, 2013) comprendono: il Disturbo dello sviluppo della coordinazione, il Disturbo da movimento stereotipato e i Disturbi da Tic. Il Disturbo dello sviluppo della coordinazione presenta deficit nell'acquisizione e lo sviluppo di abilità di motorie di coordinazione manifestando goffaggine, lentezza o imprecisione, nell'esecuzione di gesti motori. Nel Disturbo da movimento stereotipato l'individuo presenta comportamenti motori ripetitivi che sono solo in apparenza intenzionali e afinalistici, essi possono consistere ad esempio nel dondolarsi, battere le mani e la testa, morsiarsi, colpirsi. I Disturbi da tic presentano tic vocali o motori, ossia stereotipie improvvise, rapide e non ritmiche.

2. Le funzioni esecutive.

2.1 Cosa sono e come sviluppano le FE.

Le funzioni esecutive (FE) sono state così chiamate per la prima volta nel 1983 da Muriel Lezak per riferirsi “alle abilità cognitive che rendono un individuo capace di eseguire un comportamento indipendente, finalizzato e adattivo” (Vicari & Di Vara, 2022) e possono essere intese, infatti, “come un insieme di abilità capaci di controllare e regolare le altre funzioni cognitive e il comportamento” (Whelsh et al, 1991, cit in Vicari & Di Vara, 2022) e, più specificatamente, consistono nella “capacità di processamento selettivo delle informazioni e nel loro mantenimento, almeno di quelle più rilevanti, durante lo svolgimento di un compito” (Vicari & Di Vara, 2022). Il modello teorico di Miyake e colleghi (2000) cit in Vicari e Di Vara, (2022) ne riconosce tre fondamentali quali inibizione (*inhibition*), memoria di lavoro (*working memory*, WM) e flessibilità cognitiva (*shifting*), dalle quali deriverebbero processi cognitivi più complessi come la pianificazione e il *problem solving* e il ragionamento.

L'**inibizione** (Vicari & Di Vara, 2022) consiste nella capacità di controllare l'interferenza di stimoli irrilevanti rispetto al conseguimento del compito principale e di intervenire affinché ne sia ridotto il disturbo, così da raggiungere in modo funzionale l'obiettivo preposto; essa può quindi riguardare risposte predominanti, conflittuali, o in corso di realizzazione ed è fondamentale affinché l'individuo riesca a gestire la spinta derivante dai propri impulsi.

La **memoria di lavoro**, la seconda capacità fondamentale, interessa la ritenzione delle informazioni alla mente e la capacità di processare, lavorare e manipolare le stesse (Baddeley, 1986, cit in Vicari & Di Vara, 2022; Baddeley e Hitch, 1994, cit in Vicari & Di Vara, 2022). Nel modello multicomponentiale di Baddeley e Hitch (1974) cit in Vicari & Di Vara (2022) esiste un sistema esecutivo centrale che funge da supervisore

operando come sistema attenzionale che controlla il flusso informativo e i sottocomponenti del *loop* fonologico e del taccuino visuo-spaziale, mantenendo quindi l'informazione verbale e visuo-spaziale. Memoria di lavoro e inibizione collaborano sinergicamente all'attività: riuscire a mantenere alla mente l'obiettivo è fondamentale per poter scegliere gli aspetti più o meno rilevanti, trattenendo le informazioni adeguate e riducendo il più possibile le interferenze esterne e le distrazioni (Diamond, 2013, cit in Vicari & Di Vara, 2022).

La **flessibilità cognitiva** (Vicari & Di Vara, 2022) è la terza capacità fondamentale al *core* delle FE e consiste nella capacità di cambiare prospettiva (spaziale o interpersonale) così da riuscire ad essere flessibile e adattarsi sulla base dei cambiamenti ambientali e dei *feedback* esterni. Perché ciò avvenga è necessario che siano già all'opera inibizione e memoria di lavoro: proprio per questo altri autori (Monette et al., 2015, cit in Vicari & Di Vara, 2022; Im-Bolter et al., 2016, cit in Vicari & Di Vara, 2022) ipotizzano che al cuore delle FE vi siano essenzialmente le prime due funzioni, di cui la flessibilità cognitiva costituisce una differenziazione che avviene consequenzialmente allo sviluppo neuronale e metabolico del cervello.

Lo sviluppo delle FE segue la lenta maturazione della corteccia frontale, ritenuto dalle evidenze sperimentali il substrato anatomico dov'esse sviluppano, così che, sebbene la loro crescita inizi già nei primi mesi di vita, la piena acquisizione si realizza in adolescenza e in prima età adulta. Durante i primi sei anni di vita i bambini maturano gradualmente la memoria di lavoro aiutandosi con la verbalizzazione, ma già in età scolare li vediamo apprendere a svolgere queste attività in silenzio, interiorizzando il discorso autodiretto e il linguaggio interno. Col tempo imparano come regolare l'attenzione e le emozioni, a porsi scopi da raggiungere, e via via a pianificare comportamenti e obiettivi per periodi sempre più lunghi di tempo. La letteratura (Zelazo

e Müller, 2002, cit in Vicari & Di Vara, 2022; Traverso et al., 2015, cit in Vicari & Di Vara, 2022) indica anche una divisione delle FE in fredde e calde: le prime corrispondono a tutte quelle abilità che coinvolte in attività cognitive e neutre dalla componente emotiva, le altre sono quelle coinvolte in compiti in cui opera una regolazione affettiva o emotiva, come avviene nelle *task* sui comportamenti basati su meccanismi di ricompensa e gratificazione.

Nella tabella (Tabella 1) sottostante sono riportati riassuntivamente i periodi di sviluppo delle principali FE, con relativa letteratura di riferimento.

Funzione esecutiva	Età di sviluppo	Riferimento
Working memory	9-12 mesi 3-4 anni	Diamond, 2013 Monette et al., 2015
Inhibition	3-4 anni	Monette et al., 2015
Cognitive flexibility	3-4 anni 9-10 anni	Dajani e Uddin, 2015 Buss e Spencer, 2014 Monette et al., 2015
Attention control	Un anno	Dajani e Uddin, 2015

Tabella 1. La tabella mostra riassunti i momenti di sviluppo delle principali FE con relativa letteratura di riferimento (Vicari & Di Vara, 2022).

2.2 Il modello di Adele Diamond.

Adele Diamond (2013) parla delle funzioni esecutive come di “una famiglia di processi mentali top-down necessari quando è necessario concentrarsi e prestare attenzione, quando agire in modo automatico o affidarsi all'istinto o all'intuizione sarebbe sconsigliato, insufficiente o impossibile” (Burgess e Simons 2005, cit in Diamond, 2013; Espy 2004, cit in Diamond, 2013; Miller e Cohen 2001, cit in Diamond, 2013) e riprende il modello di Miyake e collaboratori (2000) approfondendone alcuni aspetti fondamentali fra cui relazione tra le tre funzioni esecutive fondamentali, oltre a proporre nel modello l'integrazione dell'Intelligenza fluida, una funzione esecutiva di ordine superiore.

Nel modello di Diamond (2013) il **Controllo inibitorio** consiste nella capacità di controllare la propria attenzione, il proprio comportamento, i propri pensieri e le proprie emozioni per evitare la distrazione da un'attrattiva interna o esterna e compiere invece ciò che è più appropriato. Il **controllo inibitorio dell'attenzione** (Diamond, 2013) ci consente di dirigere volontariamente l'attenzione su ciò che desideriamo, sopprimendo l'attenzione verso altri stimoli. Quando l'attenzione è richiamata automaticamente da qualche stimolo interno o esterno, è chiamata attenzione esogena (Posner & DiGirolamo 1998, cit in Diamond, 2013; Theeuwes 1991, cit in Diamond, 2013), quando invece è diretta dalla nostra discrezione su ciò che volgiamo viene detta attenzione endogena (Posner & DiGirolamo 1998, cit in Diamond, 2013; Theeuwes 2010, cit in Diamond, 2013). L'**inibizione cognitiva** (Diamond, 2013) è la resistenza a pensieri o ricordi non desiderati ed è un processo utile solitamente al processo di Memoria di lavoro. Il controllo sul proprio comportamento e sulle proprie emozioni è detto **autocontrollo** (Diamond, 2013), esso permette di non agire impulsivamente e resistere alle tentazioni. Un aspetto particolare dell'autocontrollo è il ritardo della gratificazione, che consiste nel riuscire a rimanere concentrati su un compito portandolo a termine, rinunciando a un piacere immediato nell'ottica di gratificazione a posteriori. Il controllo inibitorio è molto difficile per i bambini piccoli e continua a maturare fino all'adolescenza (Luna 2009, cit in Diamond, 2013; Luna et al. 2004, cit in Diamond, 2013) e declina durante l'invecchiamento (Hasher e Zacks 1988, cit in Diamond, 2013, Hasher et al. 1991, cit in Diamond, 2013).

La **memoria di lavoro** si divide in due aspetti differenziati per contenuto: **verbale** e **non verbale** (visuospaziale). Essa è necessaria per ritenere informazioni alla mente per manipolarle interpretandole secondo un ordine cronologico coerente, e differisce dalla memoria a breve termine per il fatto che in quest'ultima le informazioni sono

semplicemente trattenute. Fra la memoria di lavoro e il controllo inibitorio vi è una relazione importante, esse sono attive quasi sempre contemporaneamente e servono una all'altra (Diamond, 2013). Quando la memoria di lavoro supporta l'inibizione (Diamond, 2013) si ha il caso, ad esempio, in cui si deve resistere a una tendenza iniziale ed è necessario possedere le informazioni rilevanti che permettano una scelta in tal senso. Quando l'inibizione supporta la memoria di lavoro (Diamond, 2013) si ha il caso in cui, ad esempio, per mettere in relazione più idee o fatti bisogna inibire la tentazione di concentrarsi esclusivamente su una cosa sola e se l'inibizione fallisce è possibile ci si trovi a vagare con la mente. La memoria di lavoro si sviluppa decisamente presto tanto che anche i neonati riescono a trattenere alla mente alcune informazioni per un periodo abbastanza lungo di tempo (Diamond 1995, cit in Diamond, 2013; Nelson et al. 2012, cit in Diamond, 2013). Essa migliora durante lo sviluppo e il forte calo cui assistiamo in vecchiaia sembra dovuto al calo del controllo inibitorio (Hedden & Park 2001, cit in Diamond, 2013; Solesio-Jofre et al. 2012, cit in Diamond, 2013).

La **flessibilità cognitiva** sviluppa molto più tardi delle altre due FE e si basa su queste (Davidson et al. 2006, cit in Diamond, 2013; Garon et al. 2008, cit in Diamond, 2013). Per cambiare prospettiva, ad esempio, spazialmente, è necessario inibire la prospettiva precedente e aggiungere nella memoria di lavoro le informazioni della nuova prospettiva mentre vengono mantenute quelle della vecchia. Essa consente di pensare fuori dagli schemi, trovare soluzioni con creatività e cambiare *set* mentale o modi di pensare agli stimoli. Come per le altre FE la flessibilità cognitiva migliora con l'età e declina con l'invecchiamento (Cepeda et al. 2001, cit in Diamond, 2013; Kray 2006, cit in Diamond, 2013).

L'**intelligenza fluida** equivale alle sottocomponenti di ragionamento, *problem solving* e pianificazione (Figura 4) ed è una funzione esecutiva di ordine superiore. Consiste

nella capacità di ragionare, risolvere problemi, vedere modelli o relazioni fra elementi (Ferrer et al. 2009, cit in Diamond, 2013) e comprende il ragionamento logico deduttivo e induttivo.

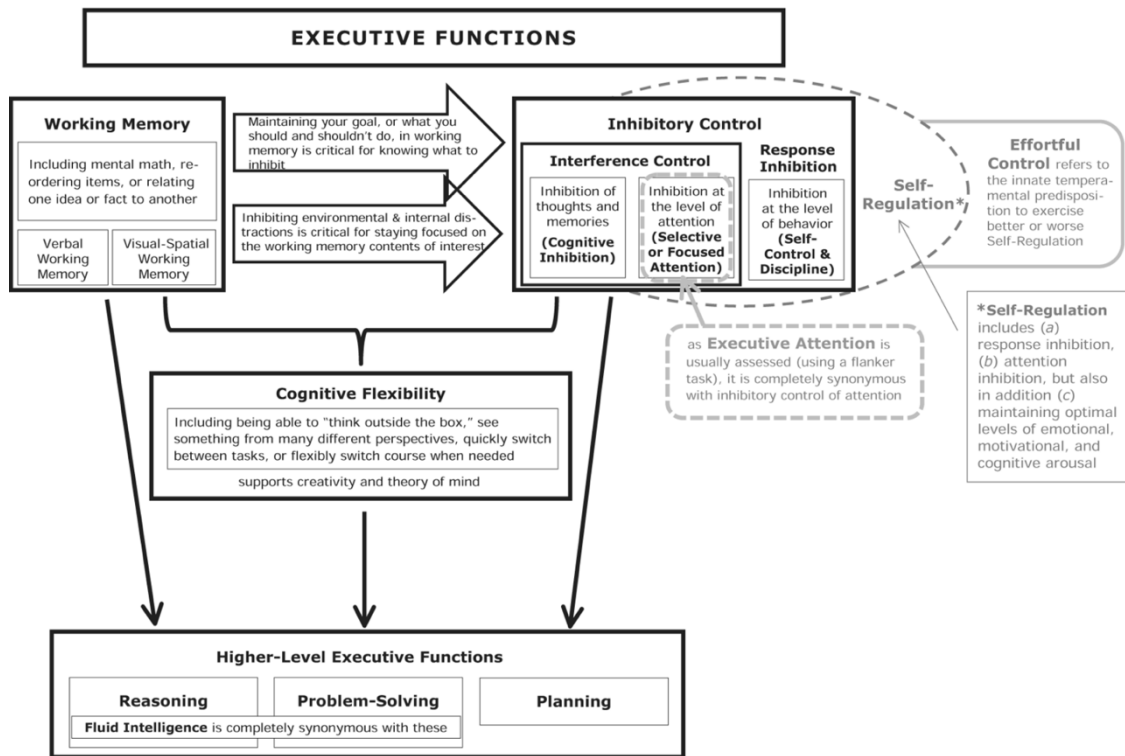


Figura 4. Funzioni esecutive e termini correlati (Diamond, 2013).

3. Funzioni esecutive e Disturbi dello sviluppo.

In questo paragrafo sarà trattato il rapporto fra funzioni esecutive e quattro fra i più diffusi disturbi del neurosviluppo, ovvero il **Disturbo specifico dell'apprendimento (DSA)**, il **Disturbo da attenzione/iperattività (ADHD)**, il **Disturbo dello spettro d'autismo (ASD)** e la **Disabilità intellettiva**.

FE e Disturbo specifico dell'apprendimento (DSA). Le alterazioni più frequenti delle FE nei Disturbi di apprendimento riguardano soprattutto quelle di base: la memoria di lavoro (Peng e Fuchs, 2016, cit in Marzocchi et al., 2022), l'inibizione (De Weerd et al., 2013, cit in Marzocchi et al., 2022) e la flessibilità cognitiva (Morgan et al., 2017, cit in Marzocchi et al., 2022) e il loro ruolo in questi disturbi è confermato anche da

studi di neuroimaging. Esse sostengono in maniera diretta l'acquisizione dei requisiti necessari per la lettoscrittura e il calcolo (Marzocchi et al., 2022), fondamentali per le competenze da sviluppare in età scolare. Per questo la loro valutazione risulta rilevante affinché possano essere ridotte le conseguenze negative che a cascata possono gravare sull'efficienza di processi più complessi, come lo sono quelli d'apprendimento.

Alcuni studi (Marzocchi et al., 2022) sulla *Dislessia evolutiva* mostrano la presenza di un'alterazione di FE nei bambini con difficoltà di lettura (Booth et al., 2010, cit in Marzocchi et al., 2022) e la presenza di difficoltà di inibizione nello spostamento dell'attenzione e nella memoria di lavoro uditiva in soggetti sia con dislessia isolata che in comorbilità con ADHD (Lonergan et al., 2019, cit in Marzocchi et al., 2022). Inoltre, che un deficit al processo di memoria di lavoro fonologica svolge un ruolo primario nelle difficoltà di lettura: Swanson et al. (2009) cit in Marzocchi et al. (2022) indicano come i lettori con dislessia evolutiva abbiano prestazioni inferiori rispetto ai lettori tipici sia nella ritenzione passiva dei fonemi nella memoria a breve termine sia in quelle che necessitano di un'elaborazione attiva. Alterazioni dell'aggiornamento della memoria di lavoro possono concorrere a rappresentare un ostacolo per la comprensione del testo durante la lettura causando problemi nel dominio verbale per via della difficoltà di selezione e nell'aggiornamento di informazioni rilevanti (Marsura et al., 2020, cit in Marzocchi et al., 2022) e nel dominio visuospatiale a causa della difficoltà nella rappresentazione spaziale delle informazioni (Mammarella et al., 2015, cit in Marzocchi et al., 2022). Sembrerebbe che alterazioni del processo di memoria di lavoro costituiscano difficoltà particolari nei domini che caratterizzano i disturbi, per esempio, soggetti con difficoltà di comprensione del testo avrebbero maggiori problemi di aggiornamento di memoria di lavoro riguardo informazioni semantico-lessicali rispetto a quelle di tipo numerico (Pelegrina et al., 2015, cit in Marzocchi et al., 2022). Anche

l'inibizione svolge un ruolo fondamentale nella dislessia evolutiva, sia come controllo dell'interferenza che come inibizione alla risposta. Una difficoltà di lettura è accompagnata da bassa capacità di controllare le informazioni irrilevanti, di inibire una risposta prepotente e di controllare volontariamente il focus attentivo (Altani, 2017, cit in Marzocchi et al., 2022). Inoltre, secondo il modello di Miyake (Friedman e Myake, 2017, cit in Marzocchi et al., 2022) il deficit di inibizione e quello di memoria di lavoro possono interferire vicendevolmente concorrendo ad aumentare la gravità delle difficoltà: ad esempio, un aumento delle informazioni da mantenere in memoria di lavoro necessita di un aumento di controllo inibitorio.

Herbert et al. (2018) cit in Marzocchi et al. (2022) ipotizzano che un'alterazione delle FE possa influire simultaneamente su processi di elaborazione e collegamento fra lettere e suoni creando le difficoltà di lettura e scrittura presenti nella *Disortografia evolutiva*: deficit nella memoria di lavoro fonologica, per esempio, possono impattare sulle abilità ortografiche. Questo sembra confermato anche dalla frequenza con cui disortografia e dislessia si trovano in comorbilità reciproca. Per Benringer e Amtmann (2003) cit in Marzocchi et al. (2022) un impiego maggiore di risorse di memoria di lavoro è fondamentale nei compiti in cui è richiesto di analizzare un processo nelle sue singole componenti e ciò, come nel caso del controllo ortografico, può compromettere altri aspetti fondamentali dell'attività di scrittura, come la qualità e la fluenza della grafia: scrivere, infatti, richiede anche un'attivazione sull'informazione visuospatiale per concettualizzare i diagrammi organizzativi, piani visivi e relazioni fra idee. Il deficit di memoria di lavoro può quindi rappresentare un problema in termini di disponibilità di risorse a disposizione del controllo cognitivo, del mantenimento delle informazioni nel loop fonologico e nel taccuino visuospatiale, rendendo così difficoltosa la pianificazione e l'organizzazione delle idee (Herbert et al., 2018, cit in Marzocchi et al.,

2022). L'effetto, spesso osservabile, di impoverimento di scrittura negli studenti con disortografia può essere spiegato come la causa di un deficit di memoria di lavoro nel dominio verbale e visuospatiale.

La *Disgrafia evolutiva* si presenta in elevata comorbilità col Disturbo di coordinazione motoria e raramente come un deficit isolato (Rosenblum, 2018) cit in Marzocchi et al. (2022). Scrivere a mano implica un'abilità di controllo esecutivo e se il movimento grafico non è fluente l'elevata attenzione richiesta da questa attività comporta difficoltà nella capacità di pianificare e organizzare il testo (Herbert et al., 2018, cit in Marzocchi et al., 2022). Uno studio condotto da Rosenblum (2018) cit in Marzocchi et al. (2022) indica una differenza significativa nei domini FE fra soggetti disgrafici e normoscrittori in cui il deficit di memoria di lavoro comportava difficoltà nella pianificazione e organizzazione del materiale, monitoraggio e iniziativa.

Alcuni studi hanno mostrato la coesistenza fra difficoltà nelle abilità in compiti di memoria di lavoro e d'inibizione e la *Discalculia evolutiva* (Von Aster e Shalev, 2007, cit in Marzocchi et al., 2022). Difficoltà "nel ricordare istruzioni, nel gestire e organizzare più processi contemporaneamente, nel mantenere in memoria le informazioni rilevanti o inibire quelle non rilevanti, e nel cambiare punti di vista" (Marzocchi et al., 2022), possono avere una certa rilevanza negativa sul processo di apprendimento di conoscenze e competenze matematiche. Tuttavia, rimane difficile identificare con precisione le alterazioni in componenti specifiche delle FE in soggetti discalculici (Marzocchi et al., 2022). Szucs (2016) cit in Marzocchi et al. (2022) indica come la discalculia pura paia associarsi prevalentemente a un deficit di memoria di lavoro visuospatiale. Passolunghi e Gregori (2011) cit in Marzocchi et al. (2022) indicano un deficit nella memoria di lavoro sia verbale che visuospatiale, oltre che indicare un legame fra errori di intrusione in prove di inibizione e memoria di lavoro e

un alto tasso di ansia per compiti matematici, sottolineando per questo particolare dominio un'interazione fra FE calde e fredde. Mammarella et al. (2018) cit in Marzocchi et al. (2022) hanno notato il ruolo della componente sequenziale, rispetto a quella simultanea, all'interno della memoria di lavoro visuospaziale nella differenziazione fra bambini con discalculia evolutiva e bambini con basse prestazioni in matematica ma senza diagnosi di discalculia. È stato anche visto come gli effetti dei deficit delle FE nei compiti matematici possa peggiorare con la crescita, soprattutto per il *problem solving* e in compiti in cui è chiesto di rappresentare, selezionare ed eseguire diverse operazioni in simultanea (Marzocchi et al., 2022).

Gli autori del testo concludono che sono certo presenti con frequenza alterazioni delle FE nei diversi tipi di DSA, senza che sia però possibile stabilire con sicurezza quali siano quelli specifici associati ai disturbi. Risultano invece significativi gli effetti “di peggioramento delle prestazioni in compiti di FE che richiedono l'elaborazione di informazioni dominio-specifiche per un certo disturbo” (Marzocchi et al., 2022).

FE e Disturbo da attenzione/iperattività (ADHD). Le FE rappresentano un aspetto di fragilità spesso associato all'ADHD sebbene non siano l'unico aspetto deficitario nella cornice di questo disturbo. Secondo Nigg (2001) cit in Marzocchi et al. (2022) a costituire una problematica chiave del disturbo troviamo la compromissione dell'*inibizione* comportamentale, ossia una delle tre sottocomponenti dell'inibizione oltre all'inibizione cognitiva e all'attenzione selettiva (Diamond 2013, cit in Marzocchi et al., 2022). Questa problematica è strettamente collegata all'autocontrollo e “permette di esercitare il controllo sui propri comportamenti, resistendo a tentazioni e reazioni impulsive immediate” (Marzocchi et al., 2022) come riuscire a rimanere impegnati su una particolare attività anche quando ve ne sono altre più motivanti, posticipando quindi una gratificazione immediata. Nei bambini con ADHD si riscontrano spesso anche

tempi di risposta più lenti in compiti *go/no go*, lasciando supporre anche un deficit di vigilanza (Parasuraman, Warm e See, 1998) (Marzocchi et al., 2022).

Per quanto riguarda la *memoria di lavoro* il deficit riscontrato nell'ADHD ha un ruolo fondamentale nello sviluppo di comportamenti organizzati e nell'influenza sui processi di inibizione (Kofler et al., 2008, cit in Marzocchi et al., 2022). La letteratura evidenzia deficit nella memoria di lavoro verbale e visuospaziale con una prevalenza per quanto riguarda la seconda tipologia (Rapport et al., 2008, cit in Marzocchi et al., 2022). Cornoldi e collaboratori (2001) cit in Marzocchi et al. (2022) indicano come i deficit della componente di memoria nel disturbo in questione non siano generalizzabili a qualsiasi forma di memoria, dal momento che “quella a breve termine risulta generalmente intatta e non compromessa, al pari di quella dei soggetti di controllo” (Marzocchi et al., 2022).

La letteratura indica la componente inibitoria e la memoria di lavoro come deficit primari nell'ADHD e questo sarebbe il motivo di una carenza di studi sul ruolo della *flessibilità cognitiva*. Sebbene (Irwin, et al., 2019, cit in Marzocchi et al., 2022) indicano l'assenza di una specifica alterazione di flessibilità cognitiva e imputano le difficoltà riscontrate a compromissioni delle altre FE, altre ricerche mostrano come anche la flessibilità cognitiva risulti spesso deficitaria. Essa è infatti collegata a diverse aree di funzionamento che nell'ADHD mostrano delle problematiche, come la competenza sociale (Bierman et al., 2008, cit in Marzocchi et al., 2022).

Una FE risultata spesso deficitaria nell'ADHD è la *pianificazione*, che appare fortemente correlata a deficit inibitori, i risultati potrebbero essere nei comportamenti impulsivi che non permettono di realizzare strategie ben pianificate e organizzate. Aspetti deficitari nella pianificazione influenzerebbero anche comportamenti aggressivi, difficoltà nell'interazione sociale e nei comportamenti da uso di sostanze e

di gioco d'azzardo, osservati spesso nell'adolescenza e nell'età adulta (Verdejo-García et al., 2008, cit in Marzocchi et al., 2022).

FE e Disturbo dello spettro d'autismo (ASD). Alcune teorie dagli anni '90 hanno iniziato a includere il ruolo delle FE nelle problematiche legate a molti disturbi che oggi vengono compresi all'interno dello spettro d'autismo: condotte ripetitive, rigidità e resistenza ai cambiamenti, rappresentano significativi problemi per l'autonomia e il benessere individuale. Lo spettro autistico, tuttavia, presenta un'alta variabilità sindromica nei soggetti e questo, unito ad altri fattori, possono spiegare le disomogeneità riguardo i risultati della ricerca (Marzocchi et al., 2022).

Difficoltà nei processi d'*inibizione* si presentano spesso in persone affette d'autismo, soprattutto nelle interazioni sociali e nella comunicazione. Un esempio è quello di una difficoltà nella regolazione comportamentale, che unita a una scarsa *flessibilità cognitiva* potrebbe condurre a interpretare in maniera letterale il linguaggio (Geurts et al., 2014, cit in Marzocchi et al., 2022). In questo quadro l'età e il funzionamento intellettuale sembrano giocare un ruolo chiave sulle capacità inibitorie dell'individuo essendo giovani e bambini in maggiore difficoltà.

Gli studi di Habib, et al. (2009) cit in Marzocchi et al. (2022) e di Wang et al., (2017) cit in Marzocchi et al. (2022) mostrano problematiche nel processo di *aggiornamento della memoria di lavoro* e Wang et al. (2017) cit in Marzocchi et al. (2022) indicano come soprattutto nella *componente visuospatiale della memoria di lavoro* e nella *memoria di lavoro verbale* siano presenti alterazioni. La capacità di aggiornamento, misurata su alcuni *test n-back*, riporta tempi più lenti nel gruppo di persone con ASD rispetto al gruppo di controllo (Lever et al., 2015, cit in Marzocchi et al., 2022) anche se, in altre ricerche, le differenze non appaiono rilevanti (Williams, et al., 2005, cit in Marzocchi et al., 2022).

La letteratura riporta diverse evidenze sui deficit di *flessibilità cognitiva* in persone con ASD: utilizzando il *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST), diverse ricerche indicano un'alta frequenza di bambini che tendono a commettere errori di perseverazione non riuscendo a modificare in modo flessibile il criterio utilizzato per categorizzare.

La *pianificazione* richiede processi di programmazione e monitoraggio di sequenze di attività che devono essere aggiornate in base alle informazioni ambientali e deficit in queste componenti sono piuttosto frequenti in bambini con ASD rispetto ad altri disturbi quali l'ADHD, ad esempio (Friedman e Sterling, 2019, cit in Marzocchi et al., 2022). In questo quadro sembra avere una particolare importanza la difficoltà di comunicazione (Williams et al., 2012, cit in Marzocchi et al., 2022) e, nello specifico, di verbalizzazione, anche se il suo ruolo non appare sempre congruente dai dati emersi.

FE e Disabilità intellettiva. La letteratura pare mostrare una concordanza nel riconoscere un ruolo alla fragilità delle FE all'interno di questo disturbo (Marzocchi et al., 2022).

La *memoria di lavoro* pare marcatamente deficitaria in gruppi di persone affette da disabilità intellettiva rispetto ai gruppi di controllo (Alloway, 2010, cit in Marzocchi et al., 2022; Van der Molen et al., 2007, cit in Marzocchi et al., 2022; Van der Molen et al., 2009, cit in Marzocchi et al., 2022). Difficoltà in compiti di *pianificazione* (Danielsson, et al., 2010, cit in Marzocchi et al., 2022) e *fluenza verbale* (Danielsson et al., 2010, cit in Marzocchi et al., 2022; Van der Molen et al., 2007, cit in Marzocchi et al., 2022). Memisevic e Sinanovic (2014) cit in Marzocchi et al. (2022) hanno analizzato le FE in bambini con diversi gradi di disabilità intellettiva utilizzando il questionario *Behavior Rating Inventory of Executive Function* (BRIEF) (Gioia et al., 2000, cit in Marzocchi et al., 2022) somministrato a insegnanti, quindi attraverso una valutazione

indiretta dei processi. I risultati indicano deficit in tutte le FE indagate dal questionario, con particolare gravità a carico di *memoria di lavoro* e *abilità d'intraprendere un compito*, inoltre indicano un incremento delle alterazioni all'aumentare della gravità del disturbo. Altri studi si sono concentrati sull'analisi di profili delle FE in relazione a specifiche eziologie genetiche, soprattutto nella sindrome di Down. A proposito, i dati raccolti da Lanfranchi, et al. (2012) cit in Marzocchi et al. (2022), da Lanfranchi, et al. (2004) cit in Marzocchi et al. (2022), e da Tungate e Conners (2021) cit in Marzocchi et al. (2022) mostrano cadute deficitarie in compiti di memoria di lavoro, soprattutto verbale, ma anche rispetto alla pianificazione, inibizione e flessibilità cognitiva (Fontana et al., 2021, cit in cit in Marzocchi et al., 2022; Lanfranchi et al., 2012, cit in Marzocchi et al., 2022; Tungate e Conners, 2021, cit in Marzocchi et al., 2022). Dallo studio sulle traiettorie di sviluppo delle FE, nel quadro di questa sindrome si è visto che le compromissioni nella memoria di lavoro tendono a rimanere costanti con l'avanzare dell'età dopo un primo miglioramento che dura fino ai 14 anni (Loveall et al., 2017, cit in Marzocchi et al., 2022; Onnivello et al., 2022, cit in Marzocchi et al., 2022). Inoltre, mentre nella flessibilità cognitiva sembra esserci un incremento delle difficoltà con l'avanzare dell'età (Loveall et al., 2017, cit in Marzocchi et al., 2022; Onnivello et al., 2022, cit in Marzocchi et al., 2022), per le componenti più semplici dell'inibizione, come l'inibizione della risposta, sembra esserci un miglioramento anche se così non è per le componenti inibitorie più complesse che tendono a rimanere stabili, come per la gestione dell'interferenza. Anche nella sindrome di Williams sono emerse compromissioni nella memoria di lavoro, con maggiore gravità per la memoria visuospatiale, oltre a difficoltà maggiori nell'inibizione rispetto alla flessibilità cognitiva (Carney et al., 2013, cit in Marzocchi et al., 2022).

4. L'importanza del ruolo delle FE nel contesto scolastico.

L'apprendimento scolastico costituisce un'opportunità ma anche una sfida costante per gli studenti che, per metterlo a frutto, è necessario sviluppano competenze e abilità utili per l'adattamento al contesto e il proprio benessere personale. Ai bambini è richiesto di saper regolare il proprio comportamento, le proprie emozioni, la propria attenzione e di sapersi concentrare sugli apprendimenti. Per molti bambini l'ingresso alla scuola primaria costituisce un'esperienza faticosa: essi non solo devono imparare a rimanere seduti durante le lezioni, ma anche trovare la giusta concentrazione per l'argomento trattato. Molti possono sentire della frustrazione ma per chi non riesce a far fronte a tutte queste richieste può emergere un senso di demotivazione che potrebbe scoraggiare l'alunno e portare a conseguenze negative per l'esperienza scolastica, l'immagine di sé e il rapporto sociale con compagni e insegnanti. In questo senso, i rischi sono molteplici per il futuro dello studente (Mischel et al., 1988, cit in Marzocchi et al., 2022; McClelland et al. 2013, cit in Marzocchi et al., 2022; Moffit et al., 2011, cit in Marzocchi et al., 2022) e buone FE diminuiscono il rischio di dispersione scolastica. Lo sviluppo delle FE inizia ben prima della scuola primaria e se i bambini maturano adeguate capacità di "inibizione, autoregolazione, memoria di lavoro e flessibilità cognitiva, iniziano la scuola con maggiori capacità di restare seduti, pianificare, prestare attenzione, ricordare le istruzioni e rispettare le regole dell'apprendimento strutturato" (Marzocchi et al., 2022). Alcuni studi mostrano come l'apprendimento delle norme di conversione e di accesso lessicale alle parole scritte necessita della capacità di controllo dell'interferenza, dell'inibizione, della memoria di lavoro e della flessibilità cognitiva; l'apprendimento della scrittura necessita di processi di inibizione e controllo attentivo (Hooper et al. 2002, cit in Marzocchi et al., 2022); quello della capacità di calcolo, richiede un buon mantenimento e aggiornamento delle informazioni in memoria di

lavoro (Fanari et al., 2019, cit in Marzocchi et al., 2022). Le FE svolgono quindi un ruolo fondamentale e diretto nell'acquisizione delle conoscenze scolastiche e il loro valore predittivo nell'apprendimento varia con l'età seguendo una relazione non lineare in termini psicometrici anche se i periodi dove si osservano associazioni più forti sono nei primi anni della scuola primaria, quando le competenze di lettoscrittura e calcolo non sono ancora automatizzate, e in periodi più tardivi di sviluppo quando le richieste scolastiche divengono più complesse (Marzocchi et al., 2022, cit in Marzocchi et al., 2022).

Per rendere positiva e produttiva l'esperienza scolastica, parte fondamentale per l'istruzione e la socializzazione nella vita dei bambini e degli adolescenti, è fondamentale il lavoro di potenziamento sulle funzioni esecutive, implementando quei "processi cognitivi che entrano in gioco in tutte le situazioni nuove o complesse, in cui i comportamenti automatici o quelli precedentemente appresi non sono sufficienti a raggiungere l'obiettivo, ma è necessaria una regolazione attiva e consapevole del proprio comportamento" (Bombonato et al., 2023).

Conclusioni.

I primi due paragrafi sono stati dedicati ai Disturbi del neurosviluppo affrontati in senso nosologico con lo scopo di poter meglio identificarne i deficit caratteristici, e alle FE nelle loro caratteristiche di processo ed evoluzione. Ciò risulta fondamentale per poter comprendere al meglio la relazione che intercorre fra FE e alcuni fra i più diffusi Disturbi del neurosviluppo, con un particolare focus sull'importanza che queste giocano nella gravità dei deficit che affliggono bambini e ragazzi che presentano questo tipo di problematiche. L'ultimo paragrafo è utile quindi per sottolineare l'importanza dello sviluppo di percorsi di potenziamento delle FE ai fini del benessere di bambini e ragazzi

nel periodo scolastico, sia dal punto di vista della socializzazione sia da quello del processo d'apprendimento.

Capitolo 4. Oltre il gioco: l'efficacia de il *Mondo degli Elli* nel potenziamento delle funzioni esecutive in bambini con Disturbi del neurosviluppo.

1.1 Introduzione

Le funzioni esecutive consistono nell'insieme dei processi cognitivi utili per regolare e controllare pensieri, azioni ed emozioni, al fine di raggiungere gli obiettivi (Miyake et al., 2000, cit in Rivella et al., 2024). Questi processi mentali superiori sono coinvolti in comportamenti complessi in vista di un obiettivo, coinvolgendo abilità come la soppressione di risposte inappropriate (inibizione alla risposta) e distrattori (soppressione delle interferenze) (Diamond 2013, cit in Rivella et al., 2024), la flessibilità nel passaggio fra idee e attività appropriate ai differenti contesti o compiti (flessibilità cognitiva) e la manipolazione e la ritenzione di informazioni nella memoria (memoria di lavoro) (Miyake et al., 2000, cit in Rivella et al., 2024). Essi hanno un impatto decisivo su una molteplicità di domini dell'infanzia e dell'età adulta (Korzeniowski et al., 2021, cit in Rivella et al., 2024) e, nel periodo scolastico e prescolare, sono associate a domini come l'autoregolamentazione (Sokol & Müller, 2007, cit in Rivella et al., 2024) e la preparazione scolastica, utili predittori del raggiungimento delle competenze utili (Rivella et al., 2021, cit in Rivella et al., 2024; Willoughby et al., 2019, cit in Rivella et al., 2024). Il ruolo delle funzioni esecutive pare fortemente associato all'insorgenza di numerose problematiche psicopatologiche nel quadro dei disturbi dello sviluppo in età evolutiva e l'importanza del potenziamento e della riabilitazione risulta fondamentale ai fini della promozione del benessere di bambini e ragazzi sia d'età prescolare sia in età scolare. Importante, soprattutto per bambini con Disturbi del neurosviluppo, è la strutturazione di percorsi d'intervento personalizzati, basati dunque sul funzionamento del bambino, sui suoi punti di forza e di debolezza (Borella & Carretti, 2020), sulle risorse familiari, sugli interessi e le attitudini, così da rendere

l'esperienza coinvolgente e stimolante. La promozione dello sviluppo e del mantenimento delle FE risulta utile alla prevenzione degli effetti negativi sulle capacità di apprendimento, sull'adattamento scolastico e su altre aree come lo sport (Scharfen & Memmert, 2021, cit in Rivella et al., 2024), sui comportamenti sociali (Riggs et al., 2006, cit in Rivella et al., 2024), sull'abuso di sostanze e le dipendenze (Gustavson et al., 2017, cit in Rivella et al., 2024), sulla salute, sul rendimento scolastico e sul successo lavorativo (Moffitt et al., 2011, cit in Rivella et al., 2024).

Dato l'aumento d'interesse per la prevenzione e il potenziamento delle FE degli ultimi anni e le evidenze favorevoli a sostegno, si è sviluppata nel panorama clinico una molteplicità di interventi sempre più ampia. Le famiglie di interventi applicate con bambini a sviluppo tipico e atipico risultano sostanzialmente le medesime, anche se per bambini a sviluppo tipico pare essere più efficace l'allenamento metacognitivo (Diamond e Ling, 2020, cit in Rivella et al., 2024). La metacognizione, in quanto capacità di monitorare e regolare il pensiero, risulta un'utile risorsa che ha effetti positivi sull'apprendimento e sul processo decisionale critico (Hauser et al., 2017, cit in Rivella et al., 2024). Fra le metodologie di intervento ve ne sono anche di più indicate per bambini con disturbi del neurosviluppo, come il *neurofeedback* ad esempio.

Le principali tipologie di intervento sono basate su *training* cognitivi computerizzati e non computerizzati, e sull'attività motoria anche unita alla mindfulness (Borella & Carretti, 2020). I programmi scolastici hanno il vantaggio di essere più accessibili ed equi e risultano fra i più efficaci per la continuità di pratica e la generalizzazione ad altri ambiti. Uno dei punti di forza risiede soprattutto nella relazione fra insegnanti e alunni in vista del compito (Diamond & Ling, 2020, cit in Rivella et al., 2024), tuttavia essi richiedono un alto impegno dei dirigenti scolastici, una preparazione

specifica degli insegnanti e un buon rapporto docenti-allievi (Domitrovich et al., 2007, cit in Rivella et al., 2024; Lillard & Else-Quest, 2006, cit in Rivella et al., 2024).

Fra i *training* non computerizzati quelli più efficaci sembrano essere di tipo strategico e metacognitivo e si propongono come obiettivo l'acquisizione di nuove strategie di regolazione emotiva e comportamentale, con esercizi che si avvalgono spesso di discussioni o *role play*. Ne è un esempio il programma *Impulsività e autocontrollo*, studiato da Cornoldi, Gardinale, Masi e Pattenò (1996), cit in Borella & Carretti (2020) che intende migliorare le capacità di regolazione in bambini con ADHD. Nonostante i *training* non computerizzati godano solitamente di buoni risultati, essendo incentrati sulla relazione positiva col terapeuta, esistono diverse evidenze di efficacia anche per le modalità computerizzate (Borella & Carretti, 2020). Questi stanno venendo sempre più sviluppati nel corso degli anni e risultano possedere diversi vantaggi peculiari, come il fatto di essere accattivanti soprattutto se portati all'interno di un contesto di gioco, cosa che incide notevolmente sulla motivazione dei bambini (Diamond & Ling, 2020, cit in Rivella et al., 2024). Oltre a ciò, i punti di forza risiedono in un risparmio di risorse per la famiglia, sia in termini di tempo e costi dal momento che è possibile svolgere molte delle sessioni di *training* a casa, cosa che costituisce anche un fattore positivo di mantenimento dei progressi ottenuti nel percorso. La stragrande maggioranza di *training* computerizzati si incentrano sul potenziamento della memoria di lavoro allenando la ritenzione e la manipolazione in memoria di informazioni verbali o visuospatiali. I limiti intravisti per queste modalità riguardano soprattutto la generalizzazione e il mantenimento nel tempo, aspetti su cui la ricerca indica evidenze non sempre coerenti (Borella & Carretti, 2020). Altre modalità efficaci riguardano la pratica della *mindfulness* e dell'attività motoria (Borella & Carretti, 2020). Gli studi confermano il ruolo positivo svolto dall'attività di *mindfulness* sull'attivazione

della corteccia prefrontale, ossia l'area del cervello associata all'attenzione e alle FE, e la sua integrazione con attività motorie mostra risultati ulteriormente migliori. Un esempio di queste pratiche sono le arti marziali tradizionali che stimolano la pratica dell'autodisciplina, la regolazione emotiva, cognitiva e comportamentale. Per questi *training* gli studi sembrano indicare risultati positivi anche in termini di mantenimento e di trasferimento dei progressi nella vita quotidiana: nello studio di Haydicky e colleghi (2012) cit in Borella & Carretti (2020) il lavoro svolto su un programma di *mindfulness* unito ad arti marziali e attività volte al riconoscimento emotivo, sia i genitori che i ragazzi hanno potuto apprezzare una riduzione dei sintomi esternalizzanti e dei problemi comportamentali.

Gli interventi proposti sul campo sono molti e diversificati e ognuno mostra punti di forza e debolezza, ma per tutte le tipologie la letteratura ne conferma l'efficacia, soprattutto al momento di un'integrazione reciproca, se svolti in continuità con le attività quotidiane e se proposti in piccolo gruppo (Borella & Carretti, 2020). Gli aspetti della generalizzazione e del mantenimento rimangono di fondamentale importanza per il benessere di bambini e ragazzi e sono favoriti soprattutto dalla relazione e dagli interventi del clinico lungo percorso dal momento che l'esperienza e le caratteristiche del terapeuta, che confluiscono nelle abilità relazionali e cliniche, risultano essenziali per l'efficacia della terapia (Borella & Carretti, 2020).

Questo studio si propone di verificare i primi dati relativi all'utilizzo del *Mondo degli Elli*, un *serious game* per il potenziamento delle FE, con bambini d'età scolare affetti da disturbi del neurosviluppo.

2. Metodo.

2.1 Campione e procedura.

Da un campione di 115 bambini, d'età compresa fra i 6 e i 12 anni, sono stati selezionati i bambini che avevano ottenuto punteggi inferiori al 50 percentile in almeno due su tre *test* di valutazione di inibizione della risposta, gestione dell'interferenza e flessibilità cognitiva. Complessivamente sono stati selezionati 76 bambini, di cui 33 nel gruppo di controllo e 43 nel gruppo sperimentale. I bambini del gruppo sperimentale erano di poco più giovani (età media gruppo sperimentale=8,7; età media gruppo controllo=9,3). Non sono state evidenziate differenze statisticamente significative nel funzionamento intellettuale misurato con le Matrici di Raven, anche se il gruppo sperimentale ha ottenuto punteggi più elevati (gruppo sperimentale=56,8; gruppo controllo=45,1). I partecipanti che non hanno preso parte alla valutazione pre- o post-*test*, non sono stati inclusi per l'analisi. Il percorso di gioco si è svolto lungo un periodo di 9 settimane nelle quali i bambini del gruppo SC si allenavano con lo strumento una volta settimana col clinico di riferimento e almeno tre volte a casa. I genitori sono stati informati sull'utilizzo dello strumento così da poter supportare i bambini nelle sessioni di *training* svolte a casa. Tutti i partecipanti che sono stati coinvolti nello studio avevano ricevuto una diagnosi di Disturbo del neurosviluppo effettuata presso un centro pubblico o privato specializzati. Gli esempi di diagnosi sono limitati ai primi 100 casi: (ASD, ASD*Disabilità intellettuale, ADHD, ADHD*DSA, ADHD*Disturbo emotivo, ADHD*ASD*Disabilità intellettuale, ADHD*Disturbo globale cognitivo, ADHD*ASD*DSA, ADHD*ASD, ADHD*Disturbo emotivo*Disturbo del linguaggio Disabilità intellettuale, Disabilità intellettuale*ADHD*ASD, Disturbo primario del linguaggio*DSA, Disturbo misto del linguaggio*ADHD, Disturbo primario del linguaggio, Disturbo primario del linguaggio*Ritardo psicomotorio*atipie

comportamentali, Ritardo del linguaggio, Disturbo del linguaggio espressivo di tipo fonetico articolatorio, Disturbo del linguaggio espressivo*Disturbo evolutivo delle capacità scolastiche*Disturbi evolutivi specifici dell'eloquio e del linguaggio, Disturbo del linguaggio espressivo*Comportamento oppositivo, Ritardo psicomotorio*Ipostaturalismo, Ritardo psicomotorio*Ipoglicemia*Convulsività neonatale, Immaturità psicomotoria.

2.2 Strumenti.

L'efficacia dello strumento è stata valutata attraverso i punteggi raccolti con **TeleFe** (Anastasis Cooperativa, Progetto RiDi Fisir2020), uno strumento per la televalutazione delle funzioni esecutive dei bambini. La televalutazione offre diversi potenziali vantaggi, fra i quali il superamento delle barriere geografiche e il risparmio in termini di tempo e denaro, dal momento che si evita lo spostamento alle famiglie. Inoltre agevola i bambini con particolari condizioni mediche per i quali il viaggio risulta più difficoltoso, diminuendo quindi il numero di ricoveri ospedalieri e richiedendo meno tempo ai medici così da permettere l'aumento di pazienti in cura (Hodge et al., 2019, cit in Rivella et al., 2023; Ragbeer et al., 2016, cit in Rivella et al., 2023). La valutazione cognitiva per via telematica rappresenta quindi uno strumento ecologico che riflette la digitalizzazione dei molti contesti di vita dei bambini e aumenta così la motivazione e l'impegno (Hodge et al., 2019, cit in Rivella et al., 2023; Sutherland et al., 2017, cit in Rivella et al., 2023; Sutherland et al., 2019, cit in Rivella et al., 2023). Le resistenze per la valutazione a distanza dei bambini sono rappresentate dalla cultura degli ambienti clinici, basati su interazioni faccia a faccia, dalla questione del mantenimento della privacy dei dati acquisiti (American Psychological Association Services, 2020, cit in Rivella et al., 2023), dalla necessità di una corretta formazione degli esaminatori e dei partecipanti nell'utilizzo degli strumenti (Sutherland et al., 2017, cit in Rivella et al.,

2023) e dalla questione delle diseguaglianze nella popolazione in termini di accessibilità alle tecnologie (Harder et al., 2020, cit in Rivella et al., 2023).

TeleFE (Tele Executive Function, Anastasis Cooperativa, Project RiDi Fisir2020) consiste in una batteria per la televalutazione web costituita da una piattaforma che include quattro attività per la valutazione delle FE: attività Go/NoGo per l'inibizione alla risposta, il Flanker per il controllo delle interferenze e la flessibilità cognitiva, e l'N-back per l'aggiornamento della memoria di lavoro. Comprende anche dei questionari delle FE (QuFE) per insegnanti e genitori atti a informare sul funzionamento quotidiano dei bambini. Tale questionario, precedentemente standardizzato da Schweiger e Marzocchi (2008) si compone di due parti, una per i genitori e una per gli insegnanti. Ciascuna parte comprende 32 *item* relativi ai comportamenti esecutivi che si possono verificare a casa o a scuola e, per ognuno, bisogna esprimere un giudizio su una scala a 5 punti. Le domande dedicate ai genitori sono relative a 5 diverse componenti delle FE: autoregolazione cognitiva, autoregolazione comportamentale, flessibilità cognitiva, organizzazione materiale e iniziativa. Quelle dedicate agli insegnanti sono relative all'autoregolazione cognitiva e comportamentale e all'organizzazione materiale. Dalle risposte ai questionari viene poi estrapolato un punteggio complessivo.

La batteria di *test* è stata sviluppata per tutti i bambini d'età scolare con l'eccezione della pianificazione che può essere somministrata a partire dalla classe terza.

Nel presente studio sono stati utilizzati allo scopo l'attività **Go/no go forme: cerchio e triangolo**, per valutare l'inibizione della risposta. Ogni attività del **Flanker**: frecce blu, frecce arancioni e misto, per la valutazione della flessibilità cognitiva e del controllo delle interferenze. L'attività **N-back 1 forme**, per la valutazione dell'aggiornamento della memoria di lavoro. Inoltre, sono stati somministrati ai genitori

e agli insegnati i QuFE sul funzionamento quotidiano dei bambini. Ogni prova è stata somministrata al gruppo SC prima e dopo il periodo di gioco di 9 settimane al *Mondo degli Elli*, e a quello AC sia prima e dopo un periodo di 9 settimane.

Nell'attività **Go/no go forme: cerchio e triangolo**, come presentato in figura 5 vengono presentati una serie di figure geometriche (triangoli o cerchi, gialli o blu) su sfondo nero. Nel primo blocco (Go: cerchio) gli stimoli Go sono i cerchi, indipendentemente dal colore, e gli stimoli No-Go sono i triangoli. Nel secondo blocco (Go: triangolo) lo schema si inverte.



Figura 5. Schermata presentazione attività Go/no go forme: cerchio e triangolo di Telefe (Marzocchi et al., 2023).

All'avvio di un blocco vi sono la piattaforma indica le istruzioni per lo svolgimento del compito, che sarà svolto tramite la pressione della barra spaziatrice. Ogni stimolo è presentato per 500 ms e quando il bambino risponde o supera questo lasso di tempo lo stimolo scompare e viene presentato uno schermo neutro seguito dallo stimolo successivo.

Nell'attività di **Flanker** compaiono sullo schermo cinque frecce (blu o arancioni) allineate e al bambino è richiesto di indicare la direzione della freccia *target*, ignorando le altre.

Come mostrato in Figura 6 l'attività è composta da tre blocchi: il primo blocco (*target* centrale) consiste in 8 *item* di esempio e 40 di *test* vero e proprio. Al bambino è richiesto di premere il tasto S se la freccia al centro punta a sinistra, e L se questa punta a destra. Il secondo blocco (*target* periferico) consiste in 8 *item* di esempio e 40 di *test* vero e proprio. Al bambino è richiesto di premere il tasto S se le frecce esterne puntano a sinistra, e L se queste puntano a destra. Il terzo blocco comprende 64 *item* di *test* e al bambino è richiesto di rispondere secondo il *target* centrale qualora le frecce siano blu, e secondo il *target* periferico in caso di frecce arancioni.

primo blocco	frecce blu solo target centrale	
secondo blocco	frecce arancioni solo target periferico	
terzo blocco	frecce blu e frecce arancioni	

Figura 6. Schermata presentazione attività Flanker di Telefe (Marzocchi et al., 2023).

All'avvio di un blocco la piattaforma indica le istruzioni per lo svolgimento del compito. In tutti i blocchi il bambino vede un punto di fissazione al centro dello schermo per circa 600-1200 ms. Quindi la schermata rimane bianca per 600 ms, prima della presentazione dello stimolo, che può durare fino a 1500 ms. La risposta è considerata valida se avvenuta dopo i 200 ms dalla presentazione dello stimolo e prima della sua sparizione.

Nell'attività **N-back 1 forme** al bambino sono presentati una serie di stimoli al centro dello schermo e gli è richiesto di premere la barra spaziatrice quando lo stimolo corrente è corrispondente allo stimolo precedente. In questo caso gli stimoli consistono in forme (triangoli, cerchi, quadrati, rombi e pentagoni).



Figura 7. Schermata presentazione attività N-back 1 forme di Telefe (Marzocchi et al., 2023).

Ogni blocco è composto da 52 elementi, di cui 16 *target*. Il tempo di presentazione dello stimolo è di 1500 ms. Tutti i blocchi del N-back iniziano con un breve esempio dopo il quale inizia il *test* vero e proprio. Questo si compone di due parti inframezzate da una breve pausa, in cui il bambino può fermarsi e riprendere non appena pronto.

Alla fine di tutte le prove di valutazione ai bambini è stato richiesto di svolgere un'**autovalutazione**, pensata affinché il bambino possa riflettere sul lavoro appena svolto nei *test*. Gli si domanda, per ogni prova, se gli è piaciuta e come ritiene sia andata.



Figura 8. Schermata presentazione dell'autovalutazione delle attività di Telefe (Marzocchi et al., 2023).

Ogni valutazione è stata svolta con la modalità “in presenza” ossia in presenza di un operatore col partecipante durante le prove che questo svolge al computer. I dati relativi alla memoria di lavoro non sono stati analizzati nel presente studio.

Per valutare le capacità cognitive generali sono state utilizzate le **Matrici di Raven** (Raven, 1989 in Langener et al., 2021). Il *test* è stato pubblicato per la prima volta nel 1938 ed è attualmente riconosciuto come un valido indicatore delle capacità

cognitive generali. La sua validità interna o di costruito (le situazioni di *problem solving* non verbale risultano utili per sondare le abilità di percezione e di ragionamento logico) e quella esterna (predittività del successo scolastico o lavorativo in alte prestazioni al *test*), ma anche la semplicità di somministrazione, di codifica delle risposte e interpretazione dei punteggi, hanno costituito la sua fortuna come strumento agile ed efficace (Belacchi et al., 2008).

Ogni *item* mostra un motivo generico mancante di una parte, i partecipanti devono selezionare fra le opzioni il pezzo corretto per completare il motivo. Il *test* completo è costituito da 5 *set* (A, B, C, D, E) di 12 *item*, e ogni *set* possiede un grado di difficoltà progressiva rispetto ai precedenti. Per questo studio sono state utilizzate le Matrici di Raven Colorate nella versione standardizzata italiana (Belacchi et al., 2008).

2.3 Tutela dei partecipanti

Lo studio è stato condotto seguendo le raccomandazioni del Codice Etico del Consiglio Nazionale degli Psicologi e delle Linee Guida Etiche dell'Associazione Italiana di Psicologia.

Inoltre, è stata ottenuta l'approvazione Etica dal comitato etico locale dell'Università di Genova. A tutti i partecipanti sono stati spiegati lo studio e le sue finalità. Alle famiglie dei bambini e agli operatori è stato chiesto il consenso informato scritto, per i bambini il consenso è stato fornito dalle famiglie e raccolto oralmente anche dai bambini stessi. Le famiglie sono state anche informate del diritto alla restituzione circa l'esito del percorso con il *Mondo degli Elli*.

3. Lo strumento: Il Mondo degli Elli.

Il *Mondo degli Elli* è un *serious game* messo a punto per il potenziamento delle funzioni esecutive dei bambini della scuola primaria. Può essere utilizzato in contesti didattici,

come attività domestica, e nello spazio terapeutico con il clinico di riferimento. Durante il percorso i bambini potranno esercitarsi anche in gruppo attraverso attività basate sulla collaborazione anziché sulla competizione.

Nel gioco il bambino impersona piccolo Ello, un giovane cervello che è il protagonista della storia e che s'immerge nelle avventure del *Mondo degli Elli* col proposito di allenare le proprie abilità. Ma piccolo Ello non è solo, è consigliato da Big Ello, un saggio cervello che lo aiuta nelle sfide in cui il piccolo si imbatte. Lo scenario è quello di una città da esplorare e i suoi nove quartieri, uno per funzione esecutiva, divengono visitabili superando le sfide. Per ogni quartiere sono previsti almeno tre allenamenti settimanali alternando momenti di allenamento in studio, di un'ora l'uno, e momenti di attività a casa di almeno venti minuti ciascuno. Non vi è un numero massimo di allenamenti settimanali e il primo allenamento per quartiere deve essere svolto necessariamente in studio in presenza del clinico col quale poter svolgere anche il lavoro di metacognizione. L'allenamento di ogni funzione esecutiva ha la durata di due settimane nel corso delle quali l'operatore integra l'allenamento con diverse attività che possono essere attività carta-matita, attività scolastiche, giochi o attività motorie adeguate alla funzione esecutiva trattata e svolte con lo scopo di migliorare l'efficacia del trattamento e la generalizzazione dei risultati nella vita quotidiana. Il tempo di un'ora per gli allenamenti in studio è utile per permettere la presentazione del percorso, un riepilogo di quanto fatto fino a quel momento, presentare la nuova attività, per la parte di riflessione metacognitiva e per l'inizio dell'allenamento vero e proprio. Le attività da svolgere a casa (Bombonato et al., 2023) saranno quelle contenute nelle stanze scrigno e le attività di coding che sono incentrate sui processi di scomposizione, pianificazione e monitoraggio delle attività, necessari per strutturare il pensiero in modo organizzato rispetto alle azioni compiute dal piccolo Ello. Al termine della maggior parte dei

quartieri è prevista la compilazione di un questionario di gradimento per il bambino, la famiglia e gli operatori.

Il primo quartiere è introduttivo ed è l'unico della durata di una settimana. Al bambino viene chiesto di personalizzare il proprio personaggio e di muovere i primi passi nel *Mondo degli Elli* per familiarizzare con le dinamiche di gioco e i personaggi e di compiere alcune attività di *coding*. Nel secondo e nel terzo quartiere il bambino allena la gestione dell'interferenza, nel quarto e nel quinto l'inibizione alla risposta, nel sesto e nel settimo la memoria di lavoro e nell'ottavo e nel nono la flessibilità cognitiva.

Tutte le attività sono strutturate secondo livelli di complessità crescente, questo meccanismo, chiamato *difficoltà incrementale* (Bombonato et al., 2023), permette un allenamento dalla difficoltà crescente che sia adeguata alle caratteristiche personali del bambino e alle sue difficoltà, senza che esso risulti troppo facile o troppo difficile. Le attività delle stanze scrigno sono strutturate secondo tre livelli di difficoltà, più un livello aggiuntivo che è il livello zero, attivabile manualmente dalla piattaforma di monitoraggio, che permette ai bambini più piccoli o con particolari difficoltà in quel compito di iniziare in modo più facilitato, familiarizzando con le prove.

Il monitoraggio del percorso (Bombonato et al., 2023) è un tassello fondamentale del trattamento. L'operatore potrà monitorare da remoto, utilizzando delle credenziali personali dedicate, i progressi del bambino, in quale quartiere si sta allenando, quante sessioni sono state svolte, quale livello di difficoltà è stato raggiunto e altre informazioni sulle prestazioni ottenute, oltre a permettere di spostare il bambino da un quartiere all'altro.

La combinazione di scenario urbano, stanze scrigno e attività di *coding* rende questo *serious game* un prodotto dall'esperienza immersiva e interattiva, utile per lo sviluppo delle funzioni esecutive in un contesto divertente e motivante.



Figura 9. Schermata di gioco de il Mondo degli Elli. (Sito internet del Mondo degli Elli, 2024).



Figura 10. Schermata di gioco de il Mondo degli Elli. (Sito internet del Mondo degli Elli, 2024).



Figura 11. Schermata di gioco de il Mondo degli Elli. (Sito internet del Mondo degli Elli, 2024)

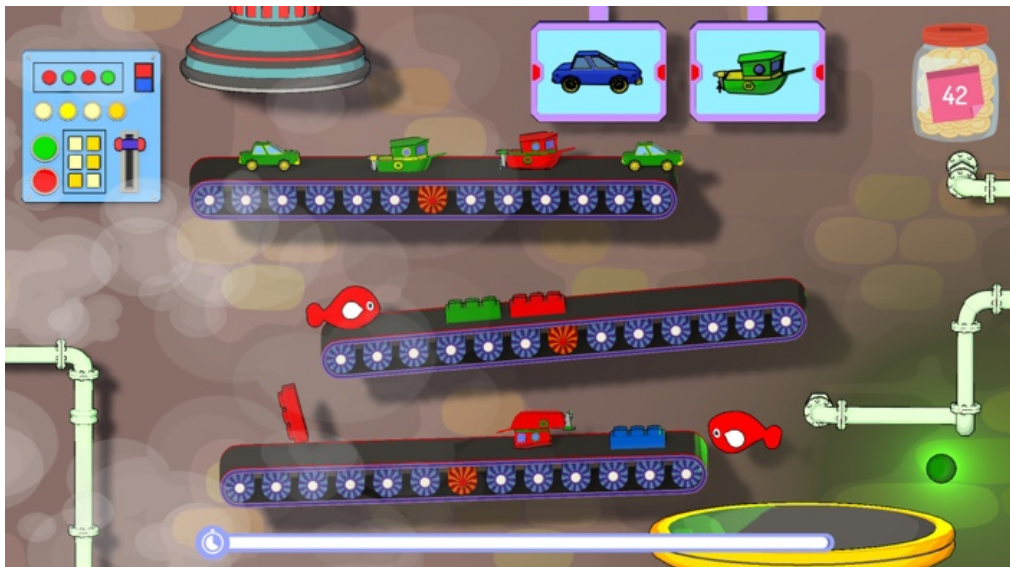


Figura 11. Schermata di gioco de il Mondo degli Elli. (Sito internet del Mondo degli Elli, 2024)

4. Analisi dei dati.

I bambini alla prima valutazione non differiscono nei punteggi di inibizione della risposta, gestione dell'interferenza e flessibilità cognitiva (tabella 1).

	controllo	sperimentale	F	p
	media (DS)	media (DS)		
IR	36,36 (29,90)	37,56 (30,22)	,029	,864
IC	26,06 (20,06)	24,77 (16,86)	,093	,761
FC	18,79 (15,86)	23,72 (20,64)	1,295	,259

Tabella 1 – Punteggi ai *test* TELEFE al tempo 1

Al fine di valutare l'efficacia dell'intervento è stata un'analisi della varianza a misure ripetute. I risultati mostrano che andamenti diversi per le tre variabili che descriverò di seguito.

Per quanto riguarda l'inibizione della risposta, i risultati indicano un peggioramento in entrambi i gruppi, più marcato nel gruppo sperimentale (figura 1), anche se l'interazione non risulta significativa (IR: $F=1,207$; $p=0,276$; gruppo: $F=0,001$; $p=0,969$; IR*gruppo: $F=0,753$; $p=0,389$).

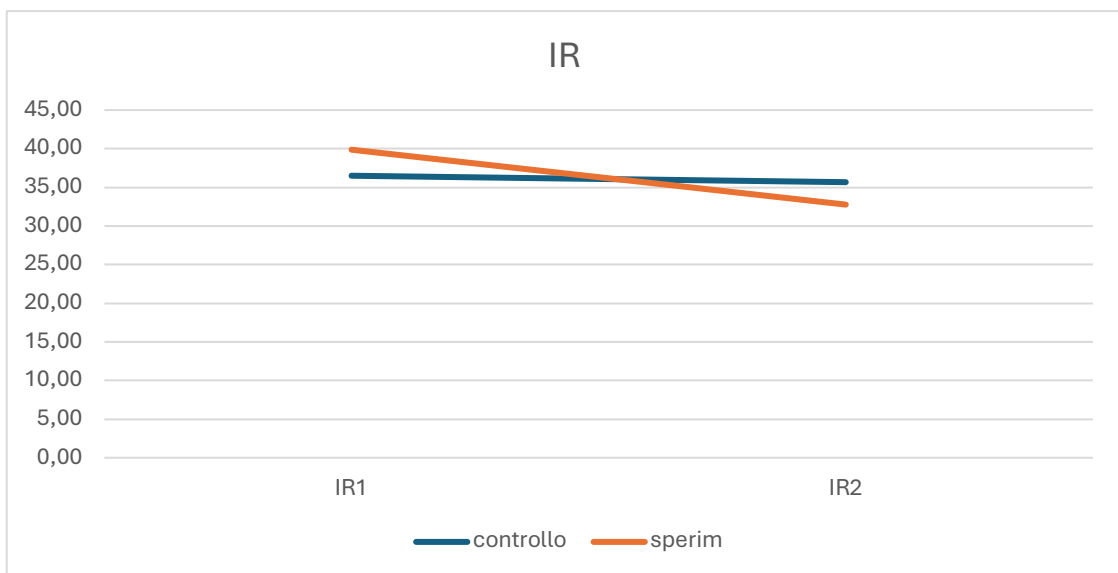


Figura 1 – Il grafico mostra i punteggi pre- e post-trattamento dei due gruppi.

Per quanto riguarda il controllo dell'interferenza il gruppo sperimentale mostra un miglioramento significativamente maggiore rispetto al gruppo di controllo che pure migliora leggermente (CI: $F=7,241$; $p=0,009$; gruppo: $F=3,587$; $p=0,063$; CI*gruppo: $F=4,094$; $p=0,047$). In questo caso l'interazione è infatti significativa.

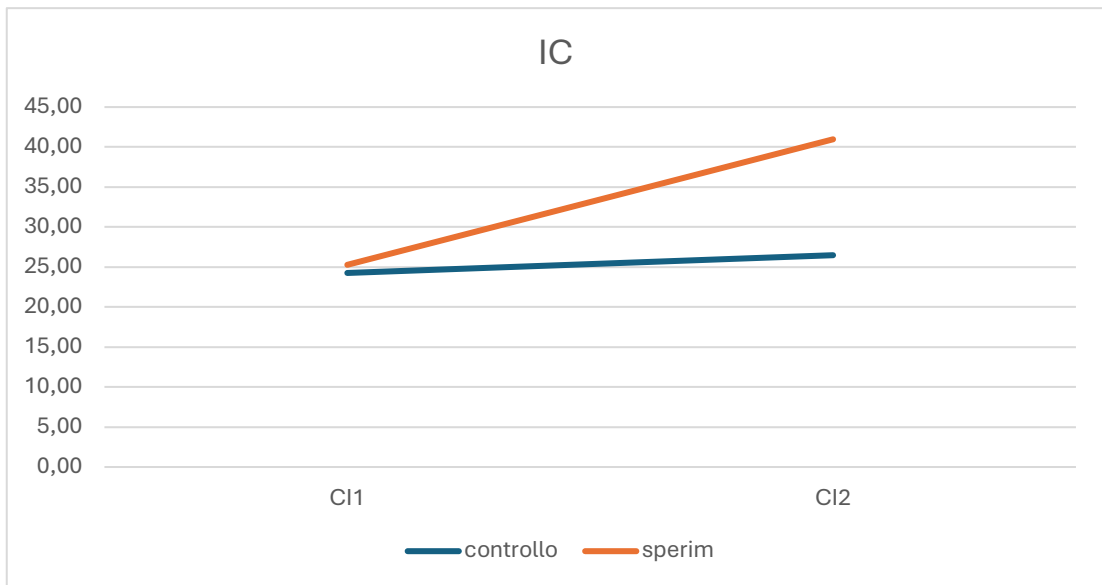


Figura 2 - Il grafico mostra i punteggi pre- e post-trattamento dei due gruppi.

Per quanto riguarda la flessibilità cognitiva, l'andamento è lo stesso (Figura 3), tuttavia il miglioramento ottenuto dal gruppo sperimentale, seppure leggermente maggiore rispetto a quello di controllo, non è statisticamente significativo (FC: $F=18,415$; $p=0,000$; gruppo: $F=3,207$; $p=0,078$; FC*gruppo: $F=0,528$; $p=0,470$).

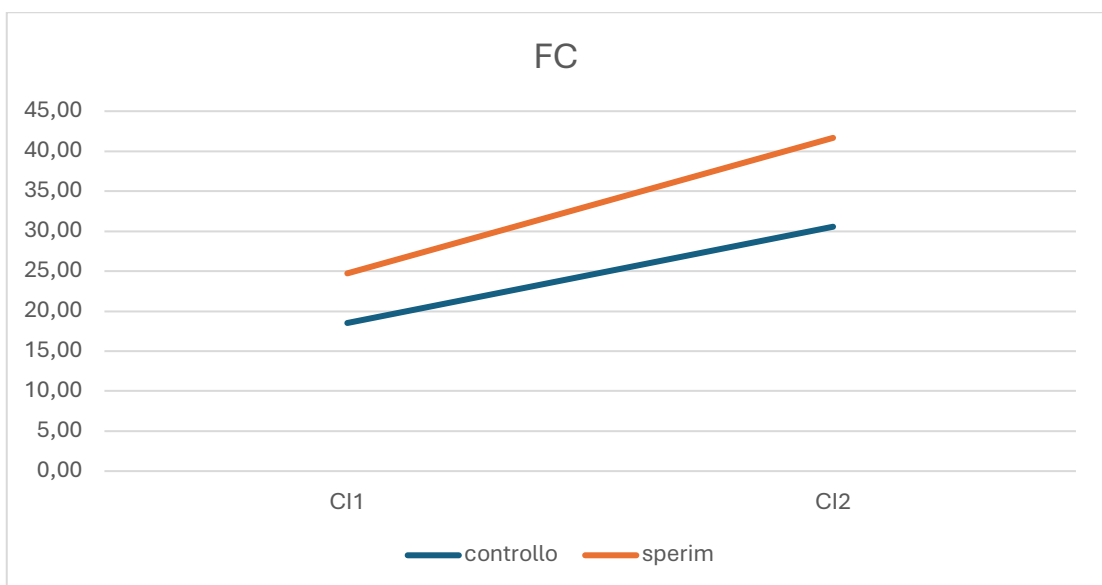


Figura 3 – Il grafico mostra i punteggi pre- e post-trattamento dei due gruppi.

Per comprendere meglio gli andamenti pre e post training dell'inibizione alla risposta, con un intento esclusivamente esplorativo è stato considerato il campione sperimentale e si è analizzato il cambiamento dal pre al post confrontando i bambini con punteggi sopra il 50° percentile con i bambini sotto il 50° percentile alla prima valutazione. Questa analisi è stata suggerita dal fatto che 12 bambini mostravano punteggi al di sopra del 50° nell'inibizione della risposta, contro 2 soli bambini nel controllo dell'interferenza e 4 nella flessibilità. La modalità di selezione del campione (almeno 2 su 3 FE sotto il 50° percentile), ha quindi selezionato bambini con difficoltà in CI e FC, ma meno in IR.

I risultati indicano che i bambini che partono da punteggi alti in IR peggiorano dopo il training, mentre i bambini che partono con punteggi più bassi mostrano un lieve miglioramento.

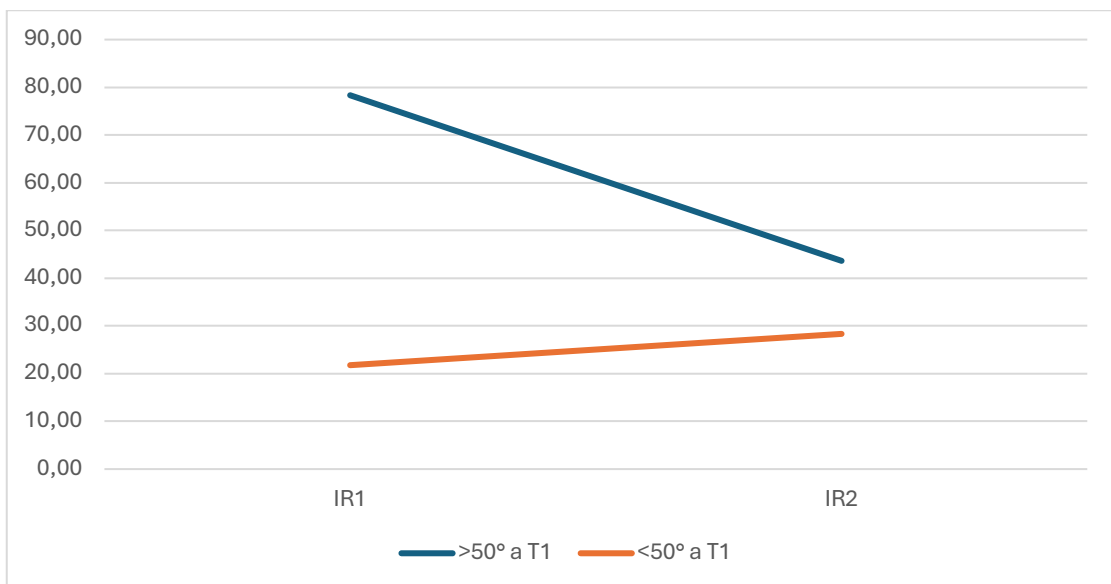


Figura 4 – Il grafico mostra i punteggi pre- e post-trattamento dei bambini del gruppo sperimentale nell'inibizione alla risposta, collocati sopra e sotto al 50° percentile.

Per comprendere meglio gli andamenti pre e post osservazione dell'inibizione alla risposta, con un intento esclusivamente esplorativo è stato considerato il campione di controllo e si è analizzato il cambiamento dal pre al post confrontando i bambini con punteggi sopra il 50° percentile con i bambini sotto il 50° percentile alla prima valutazione. Questa analisi è stata suggerita dal fatto che i bambini del gruppo sperimentale che partono da punteggi alti in IR peggiorano dopo il training, mentre bambini che partono con punteggi più bassi mostrano un lieve miglioramento.

I risultati indicano che anche i bambini del gruppo di controllo che partono da punteggi alti in IR peggiorano alla seconda valutazione, mentre bambini che partono con punteggi più bassi mostrano un lieve miglioramento (Figura 5).

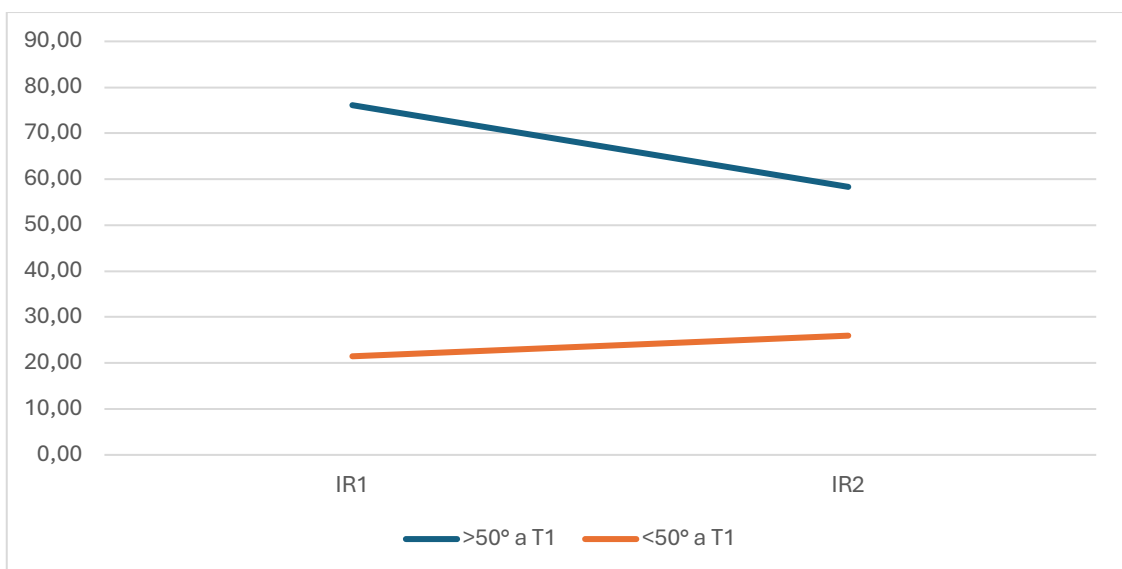


Figura 5 – Il grafico mostra i punteggi della prima e della seconda osservazione dei bambini del gruppo di controllo nell'inibizione alla risposta, collocati sopra e sotto al 50° percentile.

Il confronto fra il gruppo sperimentale e il gruppo di controllo mostra un andamento simile anche se con un peggioramento più evidente nei bambini del gruppo sperimentale che partono con punteggi alti (Figura 6).

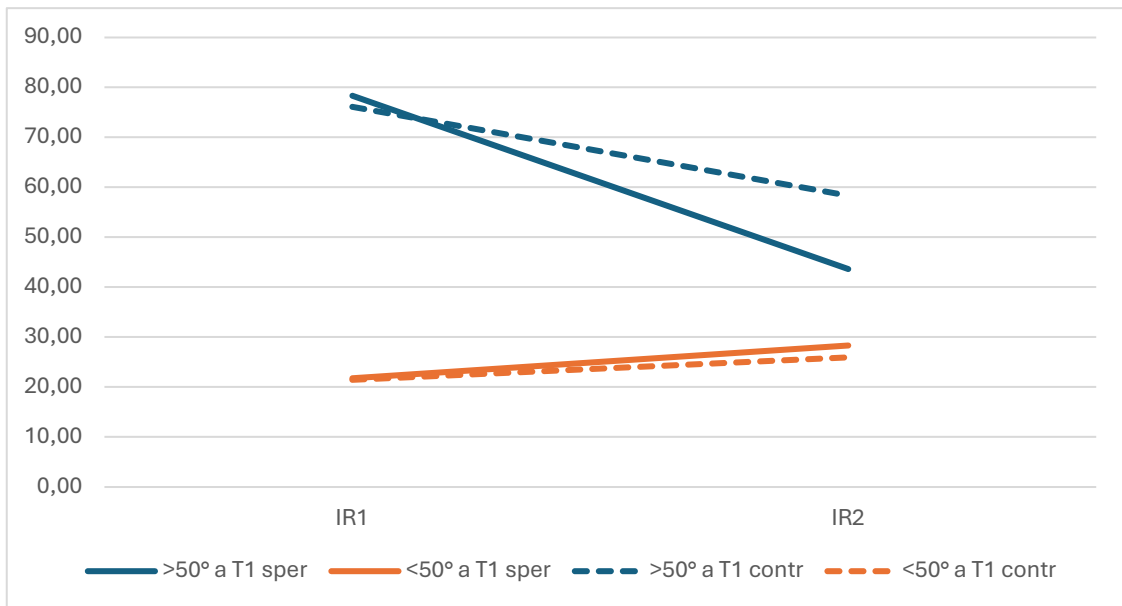


Figura 6 – Il grafico mostra a confronto i punteggi pre- e post-trattamento dei bambini del gruppo sperimentale e pre- e post-osservazione gruppo di controllo, nell’inibizione alla risposta, collocati sopra e sotto al 50° percentile.

5. Conclusioni.

I risultati del presente studio offrono importanti informazioni circa l’efficacia del *serious game* il *Mondo degli Elli* nel potenziamento delle funzioni esecutive in bambini con Disturbi del Neurosviluppo. Alcuni dati mostrano risultati inaspettati e divergenti. Mentre è possibile apprezzare un miglioramento significativo nel **controllo dell’interferenza** per il gruppo sperimentale, l’**inibizione alla risposta** risulta peggiorata nei partecipanti dello stesso gruppo. La **flessibilità cognitiva** risulta migliorata nel gruppo sperimentale ma non significativamente rispetto a quello di controllo, che mostra una tendenza simile. Questi risultati meritano d’interrogarsi circa le motivazioni sottostanti al fine di comprendere meglio gli aspetti fondamentali nell’utilizzo dello strumento in questione.

Inibizione alla risposta. Il peggioramento di questa FE nel gruppo sperimentale è il risultato più inaspettato fra quelli qui analizzati. I risultati indicano un

peggioramento dei bambini con punteggi alti alla prima valutazione e un lieve miglioramento nei bambini con punteggi bassi.

Questi dati possono essere spiegati in parte considerando lo sviluppo precoce della funzione inibitoria. Per bambini con punteggi più bassi è quindi difficile ottenere miglioramenti significativi dal momento che questa funzione è già in parte consolidata. Il peggioramento dei bambini con punteggi alti, invece, potrebbe essere dovuto ad un effetto di noia. Dal momento che questi bambini hanno già una buona competenza in IR, la mancanza di sfida che troverebbero nell'esposizione a compiti che padroneggiano potrebbe portare a un calo di interesse e concentrazione, con riduzione dell'impegno, cui conseguirebbero prestazioni peggiori proprio in compiti che in condizioni di normalità svolgerebbero senza difficoltà. La mancanza di stimoli adeguati può infatti portare a un calo delle prestazioni.

Per approfondire se causa del peggioramento fosse l'esposizione al trattamento con il *serious game* il *Mondo degli Elli* sono stati analizzati anche i risultati dei bambini del gruppo di controllo. I risultati hanno mostrato che, analogamente al gruppo sperimentale, anche i bambini del gruppo di controllo che inizialmente avevano punteggi bassi sono migliorati lievemente, mentre quelli con punteggi alti sono peggiorati, anche se non in maniera così marcata come per il gruppo sperimentale. Il fatto che le tendenze sono simili ci permette di escludere che il *Mondo degli Elli* sia la causa principale del peggioramento osservato nel gruppo esposto al trattamento. Tuttavia, quanto ipotizzato in relazione all'intervento potrebbe valere anche per la valutazione. Il fatto di ripetere lo stesso *test* di inibizione della risposta a distanza di poche settimane per la valutazione pre e post-intervento, potrebbe aver ridotto l'impegno dei partecipanti. Un'analisi più approfondita di questo risultato è comunque necessaria.

Vista la marcata eterogeneità dei profili neuropsicologici fra i bambini con Disturbi del Neurosviluppo, ai fini di rendere più efficace l'intervento per il futuro sarebbe importante quindi migliorare la personalizzazione dello strumento così da mantenere alta la motivazione all'impegno ed evitare che l'intervento (o parte dell'intervento) sia proposto a bambini che non ne hanno bisogno.

Controllo dell'interferenza. I risultati indicano, coerentemente con le aspettative, un miglioramento significativo di questa FE nel gruppo sperimentale, mostrando un'efficacia nell'utilizzo del *serious game* rispetto alla capacità di focus attentivo e di ignorare le distrazioni. Ciò potrebbe confermare che il contesto ludico digitale, grazie agli elementi di *design* che gli sono propri e che contribuiscono all'aumento motivazionale e al coinvolgimento all'attività come risultato di un'esperienza stimolante e immersiva, sia appropriato da utilizzare all'interno di *training* sul controllo dell'interferenza in bambini con Disturbi del Neurosviluppo.

Flessibilità cognitiva. Il miglioramento di questa FE è apprezzabile per entrambi i gruppi e, anche se in misura maggiore nel gruppo sperimentale, non abbastanza per essere significativa. Questo risultato potrebbe derivare da diversi fattori, fra cui una durata non sufficiente dell'intervento. Visto il miglioramento maggiormente apprezzabile del gruppo sperimentale rispetto a quello di controllo, potremmo supporre che un intervento prolungato in questo senso darebbe margini di miglioramento significativi per il potenziamento e il consolidamento di comportamenti sottesi a questa FE. Inoltre, sempre considerando il maggior margine di miglioramento ottenuto dal gruppo sperimentale, potremmo ipotizzare che una ottimizzazione della personalizzazione dello strumento possa condurre a incrementare i margini di efficacia dello stesso nel trattamento.

I risultati potrebbero essere spiegati in parte anche dalla struttura del *Mondo degli Elli* dove l'allenamento della FC, essendo una funzione esecutiva più complessa e tardiva nello sviluppo, è collocato alla fine del percorso di gioco. I bambini potrebbero, per stanchezza, aver trascorso un tempo minore nell'allenamento di questa funzione limitando la possibilità di un miglioramento significativo. Per il futuro potrebbe essere necessario ottimizzare il bilanciamento del tempo dedicato a questa parte nel percorso di trattamento.

La personalizzazione dello strumento. I dati indicano una certa variabilità nella risposta e potrebbero suggerire che la personalizzazione dello strumento sia un elemento fondamentale ai fini dell'efficacia. Una migliore personalizzazione dell'intervento, infatti, permetterebbe di tenere maggiormente conto delle differenze individuali adattandosi ai profili neuropsicologici di ciascun bambino che, fra i bambini affetti da Disturbi del Neurosviluppo sono particolarmente eterogenei. I bambini con alti livelli di inibizione alla risposta potrebbero necessitare di differenti modalità di gioco rispetto ai coetanei con livelli più bassi per mantenere alta la motivazione all'impegno e ridurre la mancanza di stimoli adeguati. Inoltre, una migliore personalizzazione permetterebbe di dosare meglio il tempo necessario per un bambino da passare nell'allenamento di una FE specifica. Il training, per come è stato sviluppato, permetterebbe di fatto una personalizzazione, mancano tuttavia le evidenze su cui potersi basare per progettare interventi più adatti ai singoli bambini.

Limiti e prospettive future. La dimensione ridotta del campione è un elemento importante quando pensiamo ai possibili limiti dello studio, che potrebbe aver limitato la potenza statistica delle analisi. Anche la durata del training potrebbe costituirsi come fattore limitante rispetto all'efficacia dello strumento, ad esempio per quanto riguarda

la flessibilità cognitiva per cui un intervento più duraturo nel tempo avrebbe potuto produrre maggiori vantaggi nel potenziamento di questa FE.

Potrebbe essere utile quindi proseguire nella sperimentazione aumentando il numero del campione e introdurre dei follow-up a lungo termine per monitorare gli effetti sulla flessibilità cognitiva, così da stabilire se emergono eventuali miglioramenti.

Una migliore comprensione dei fattori associati alla risposta potrebbe inoltre fornire importanti spunti per la personalizzazione dell'intervento. Tra i fattori di interesse potrebbero essere inclusi sia aspetti del funzionamento cognitivo, ma anche fattori emotivi come la capacità di gestire gli stati negativi durante il gioco (ad esempio frustrazione, ansia o noia) o fattori contestuali come la presenza di un adulto disponibile che supporti il bambino durante l'attività.

Conclusioni. In sintesi, questo studio indica come l'utilizzo del *serious game* il *Mondo degli Elli* sia efficace per il potenziamento e il mantenimento del controllo dell'interferenza nei bambini con Disturbi del Neurosviluppo e suggerisce la personalizzazione degli interventi come strumento chiave per ottenere risultati migliori. Gli studi futuri dovrebbero concentrarsi sulla personalizzazione dei compiti e sull'ottimizzazione del design del gioco come possibile miglioramento dell'efficacia del *Mondo degli Elli*.

Bibliografia.

Abt, C. C. (1987). *Serious game*. University Press of America.

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*.

Anolli, L., & Mantovani, F. (2011). *Come funziona la nostra mente: Apprendimento, simulazione e Serious game*. Il Mulino.

Belacchi, C., Scalisi, T. G., Cannoni, E., & Cornoldi, C. (2008). *CPM – Coloured Progressive Matrices. Standardizzazione italiana*. Giunti O.S. Organizzazioni Speciali.

Bombonato, C., Rivella, C., Cialdini, G., Galletti, V., Gotte, C., Ruffini, C., Pecini, C., Viterbori, P., Usai, M. C., & Anastasis Cooperativa Sociale. (2023). *Il Mondo degli Elli: Un modello di intervento sulle funzioni esecutive*.

Borella, E., & Carretti, B. (A c. Di). (2020). *Migliorare le nostre abilità mentali. Programmi di potenziamento cognitivo nell'arco della vita*. Il Mulino.

Cziksentmihalyi, M. (1990). *Flow – The Psychology of optimal experience*. 1–8.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification”. *MindTrek*, 9–15.

Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168.

Djaouti, D., Alvarez, J., Jessel, J.-P., & Rampnoux, O. (2011). Origins of Serious Games. *Serious Games and Edutainment Applications*. Springer, London, 25–43.

Egli, E. A., & Meyers, L. (1984). The role of video game playing in adolescent life: Is there reason to be concerned? *Bulletin of the Psychonomic Society*, 22(4), 309–312.

Girard, C., Ecalle, J., & Magnan, A. (2013). Serious games as new educational tools: How effective are they? A meta-analysis of recent studies. *Journal of Computer Assisted Learning* (2013), 29, 207–219.

Kiili, K., de Freitas, S., Arnab, S., & Lainema, T. (2012). The design principles for Flow Experience in educational games. *Procedia Computer Science* (2012), 15, 78–91.

Langener, A. M., Kramer, A.-W., van den Bos, W., & Huizenga, H. M. (2021). A shortened version of Raven's standard progressive matrices for children and adolescents. *British Journal of Developmental Psychology* (2022), 40, 35–45.

Lopez, J. Y. A., Huaycho, R. N. N., Santos, F. I. Y., Talavera - Mendoza, F., & Paucar, F. H. R. (2023). The impact of Serious Games on learning in primary

education: A systematic literature review. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research* (22 (3), 379–395.

Marzocchi, G. M., Pecini, C., Traverso, L., Usai, M. C., Viterbori, P., Bombonato, C., Capodieci, A., Mingozi, A., Rivella, C., & Ruffini, C. (2023). *TeleFE, Manulae d'uso. Il manuale per l'uso operativo di TeleFE*. <https://www.anastasis.it/telefe/>

Marzocchi, G. M., Pecini, C., Usai, M. C., & Viterbori, P. (A c. Di). (2022). *Le funzioni esecutive nei disturbi del neurosviluppo. Dalla valutazione all'intervento*. Hogrefe.

Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of Game-Based Learning. *Educational Psychologist*, 50 (4), 258–283.

Rivella, C., Bombonato, C., Pecini, C., Frascari, A., & Viterbori, P. (2024). Improving executive functions at school: Integrating metacognitive exercise in class and computerized training at home to ensure training intensity and generalization. A feasibility pilot study. *British Journal of Educational Technology*, 1–21.

Rivella, C., Ruffini, C., Bombonato, C., Capodieci, A., Frascari, A., Marzocchi, G. M., Mingozi, A., Pecini, C., Traverso, L., Usai, M. C., & Viterbori, P. (2023). TeleFE: A New Tool for the Tele-Assessment of Executive Functions in Children. *Applied Sciences*, 13 (1728), 1–18.

- Rosas, R., Nussbaum, M., Cumsille, P., Marianov, V., Correa, M., Flores, P., Grau, V., Lagos, F., López, X., López, V., Rodriguez, P., & Salinas, M. (2003). Beyond Nintendo: Design and assessment of educational video games for first and second grade students. *Computers & Education* (2003), 40, 71–94.
- Samaniego Ocampo, R. (2017). Serious Game as a way to boost self-regulated learning in higher education. *Turkish Online of Educational Technology* (2017), 625–630.
- Schrader, C. (2023). Serious Games and Game-Based Learning. *Handbook of Open, Distance and Digital Education*, 1256–1264.
- Schweiger, M., & Marzocchi, G. M. (2008). Lo sviluppo delle Funzioni Esecutive: Uno studio su ragazzi dalla terza elementare alla terza media. *G. Ital. Psicol*, 353–374.
- Sito internet del Mondo degli Elli. (2024). Anastasis. <https://www.anastasis.it/il-mondo-degli-elli/>
- Susi, T., Johannesson, M., & Backlund, P. (2015). Serious Games—An Overview. *Technical Report HS- IKI -TR-07-001*, 1–28.
- Vicari, S., & Di Vara, S. (2022). *Funzioni esecutive e disturbi dello sviluppo. Diagnosi, trattamento e intervento educativo*. Erikson.

Wikipedia. (2024). Wikipedia. [https://it.wikipedia.org/wiki/OXO_\(videogioco\)](https://it.wikipedia.org/wiki/OXO_(videogioco))