



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

This is an author version of the contribution published on:

Questa è la versione dell'autore dell'opera:

Sabena, C. (2015). La concettualizzazione spaziale nel bambino: una sperimentazione con un robottino programmabile. *L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate*, vol. 38 A-B, n°3 (maggio-giugno 2015), pp. 213-234.

The definitive version is available at:

La versione definitiva è disponibile alla URL:

<http://www.centromorin.it/home/pubblicazioni/riviste/tabanni.asp>

L'INSEGNAMENTO DELLA MATEMATICA E DELLE SCIENZE INTEGRATE

VOL. 38 A-B N. 3 - MAGGIO-GIUGNO 2015

Poste Italiane s.p.a. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 - (conv. In L. 27/02/2004 n° 46)
art. 1, comma 1, NE/PD - Rivista mensile - Tiratura inferiore a 20.000 copie - Taxe Perçue



NUMERO SPECIALE AIRDM

**NUMERO
DOPPIO**

La concettualizzazione spaziale nel bambino: una sperimentazione con un robottino programmabile

Sommario

Sulla base di sperimentazioni condotte in una scuola dell'infanzia, questo contributo discute le potenzialità didattiche offerte da un robot programmabile a forma di ape per lo sviluppo delle competenze spaziali nei bambini. Il quadro teorico considera i risultati della psicologia sulla concettualizzazione spaziale dei bambini, in particolare la relazione delicata tra spazio come vissuto nell'esperienza quotidiana e spazio come nozione matematica, coniugati con la prospettiva della multimodalità per l'insegnamento-apprendimento della matematica.

Abstract

This contribution investigates the didactic potentialities offered by a programmable robot with a bee-shape, with respect to children development of spatial competences. The theoretical framework addresses the delicate relationship between space as lived in everyday experience vs space as a mathematical notion, and takes a multimodal perspective on mathematics teaching and learning. An experimental study has been conducted in kindergarten school. The qualitative data analysis of video-recordings constitutes the background against which children spatial development is discussed.

Cristina Sabena

La concettualizzazione spaziale nel bambino: una sperimentazione con un robottino programmabile

Cristina Sabena

*Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione
Università di Torino.*

1. Introduzione

Le competenze spaziali si formano nel bambino con un processo complesso, che richiede lo sviluppo di esperienze per tempi lunghi in situazioni significative. La scuola dell'infanzia e i primi anni della scuola primaria costituiscono occasioni adatte per la realizzazione di queste esperienze, che formeranno la base su cui fondare l'apprendimento della geometria dapprima come modellizzazione delle proprietà spaziali e poi come elaborazione teorica specifica della matematica.

Le Indicazioni Nazionali nella loro ultima formulazione (MIUR, 2012) indicano obiettivi molto ambiziosi sullo spazio, fin dalla scuola dell'infanzia:

Muovendosi nello spazio, i bambini scelgono ed eseguono i percorsi più idonei per raggiungere una meta prefissata scoprendo concetti geometrici come quelli di direzione e di angolo. Sanno descrivere le forme di oggetti tridimensionali, riconoscendo le forme geometriche e individuandone le proprietà (ad esempio, riconoscendo nel "quadrato" una proprietà dell'oggetto e non l'oggetto stesso). (p. 22).

Certamente i concetti geometrici di direzione e di angolo sono tra i più raffinati della geometria della scuola dell'obbligo, prematuri per questo livello scolastico, ma è interessante notare come accanto al più tradizionale tema delle forme, si affacci quello più generale dell'*esplorazione* dello spazio e dei suoi strumenti concettuali di modellizzazione.

Tuttavia, nel passaggio dalla scuola dell'infanzia alla scuola primaria le competenze spaziali sono spesso trascurate dalla pratica scolastica, mentre maggiore attenzione è dedicata al numero.

Questo articolo presenta alcune attività sperimentate con l'utilizzo di un robot programmabile e ne discute potenzialità e implicazioni didattiche per lo sviluppo delle competenze spaziali, con attenzione agli aspetti cognitivi. In particolare, sarà considerata la relazione delicata tra lo spazio come esperito nell'esperienza quotidiana e lo spazio come costruito matematico.

La sperimentazione è stata condotta con bambini cinquenni di una scuola dell'infanzia, ma le attività possono essere adattate ai primi anni della scuola primaria.

2. Dallo spazio della realtà allo spazio della geometria: riferimenti teorici

La complessità dei processi di concettualizzazione spaziale è messa in luce dalla ricerca in campo psicologico e didattico. Esistono grandi divergenze di teorizzazioni che non consentono “la riduzione a modelli di apprendimento semplici e lineari basati su una sequenza rigida di tappe predeterminate” (Bartolini Bussi, 2008, p. 124). Discutendo dei problemi di orientamento spaziale, Bartolini Bussi (*ibid.*) presenta e discute tre filoni di esperienze, con riferimento a diversi tipi di “spazi” e specifiche modalità di percezione e di esplorazione:

- “lo *spazio del corpo*, cioè il quadro di riferimento interno legato alla presa di coscienza dei movimenti del corpo e delle sue parti e alla costruzione dello schema corporeo;
- gli *spazi esterni specifici*, che comprendono diversi tipi di spazi ambientali (la casa, la città, la scuola, ...) e diversi tipi di spazi rappresentativi (il foglio di carta bianco o quadrettato, lo schermo del computer, ...);
- lo *spazio astratto*, cioè il modello geometrico sviluppato dalla matematica nella cultura occidentale” (*ibid.*, p. 125, enfasi come nell'originale).

Questa categorizzazione non deve far pensare a una gerarchizzazione, o a una sequenza evolutiva¹: riferendosi allo spazio dell'esperienza, Lurçat afferma infatti che “sembra difficile immaginare uno sviluppo nel quale lo schema corporeo viene costruito prima per permettere poi la conoscenza del mondo esterno” (Lurçat, 1980, p. 30). Certamente le prime due categorie, facendo riferimento agli spazi dell'esperienza e ai nostri sensi, costituiscono il punto di partenza per l'apprendimento delle conoscenze più strettamente matematiche.

L'importanza delle percezioni e delle esperienze quotidiane con il corpo è posta da alcuni paradigmi recenti in scienze cognitive a fondamento della concettualizzazione più astratta, come quella matematica: è il caso dell'*embodied cognition* (Lakoff & Nùñez, 2005), che propone un modello di mente “incorporata” (*embodied*), contrapposto al dualismo cartesiano mente-corpo dell'approccio cognitivista classico.

Se la matematica non è pertanto solo una “questione di testa” (Arzarello et al., 2011), diventa ancora più importante inserire le attività di matematizzazione in contesti in cui i bambini possano interagire con diversi tipi di spazialità. Per quanto riguarda lo spazio esterno, si può operare una distinzione importante tra *macrospazi* e *microspazi* (Bartolini Bussi, 2008): i macrospazi sono quelli nei quali il soggetto è incluso, l'esplorazione richiede il movimento e la percezione non è globale; i microspazi sono esterni al soggetto, esplorati attraverso la manipolazione e la vista, percepiti globalmente. Un parco costituisce un esempio di macros spazio, mentre il foglio da disegno è un esempio di microspazio. Come categoria intermedia, denominata *mesospazio*, possiamo citare i cartelloni grandi usati a scuola, nei quali i bambini

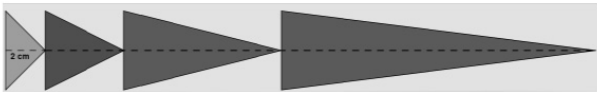
¹ Diverse ricerche concordano oggi nel riconoscere un ruolo fondamentale alle esperienze del bambino nei vari contesti della sua vita (inclusa la scuola), andando a superare modelli lineari di tipo piagetiano, in cui lo spazio astratto è posto al termine del processo evolutivo del bambino, nello stadio delle operazioni formali (Lurçat, 1980; Donaldson, 2010)

possono entrare fisicamente con il corpo, ma che sono destinati a essere poi osservati a distanza, appesi alle pareti.

Lo spazio del corpo e lo spazio esterno si differenziano dallo spazio astratto, oltre che per la possibilità di essere percepiti ed esplorati direttamente, per l'essere caratterizzati da due *direzioni fondamentali* fortemente marcate dal punto di vista percettivo e motorio: quella verticale, legata alla forza di gravità e alla nostra postura, e quella orizzontale, legata alla condizione di stabilità ed equilibrio e di percezione visiva. Al contrario, lo spazio astratto della geometria è *isotropo*, ossia privo di direzioni privilegiate.

Nel percorso di apprendimento della geometria, i bambini devono imparare a staccarsi dalle direzioni fondamentali verticale/orizzontale e dalle configurazioni di "stabilità", e a esaminare le configurazioni geometriche nelle posizioni più varie all'interno dei problemi affrontati. Un esempio di attività in cui è richiesta tale competenza è dato dal seguente quesito delle prove INVALSI 2012-13 per la classe V primaria, dove triangoli isosceli sono rappresentati in una posizione 'instabile' e non tipica (fig. 1). I software di geometria dinamica offrono grandi potenzialità in tal senso, perché permettono agli studenti di trascinare i punti base delle costruzioni e quindi trascendere la staticità data dalle rappresentazioni dei libri di testo e favorire il ragionamento anche su posizioni 'instabili'.

D16. Da un cartoncino sono stati ritagliati 4 triangoli isosceli con la stessa base, ma altezze differenti. L'altezza di ogni triangolo è il doppio dell'altezza del triangolo precedente. L'altezza del triangolo A misura 2 cm.



Qual è la lunghezza totale del cartoncino ?

Risposta: cm

Figura 1. Quesito della prova INVALSI 2012-13, classe II primaria

Inoltre, a differenza dello spazio geometrico, lo spazio esterno è dotato di parti o oggetti *caratterizzanti* (ad esempio: la porta è una parte caratterizzante di una casa, un frigorifero di una cucina, ecc.). In geometria, l'introduzione di *sistemi di riferimento* come gli assi cartesiani ha proprio tra i vantaggi quello di introdurre dei punti (l'origine, i punti degli assi) e delle direzioni speciali. I sistemi di riferimento usati in matematica sono *oggettivi* o *assoluti*, in quanto indipendenti dalla posizione del soggetto che li utilizza. Essi sono il risultato dello sviluppo storico-culturale della disciplina. Nel suo percorso di crescita, il bambino sviluppa innanzitutto sistemi di riferimento *soggettivi*, che dipendono dalla posizione del soggetto e dal modo di proiettare il proprio schema corporeo (Lurçat, 1980). Essi possono essere *egocentrici* se la descrizione è fatta con riferimento al soggetto (ad esempio: alla mia destra), o *allocentrici*, se il riferimento è a un altro oggetto o persona (ad esempio: a destra della casa). I riferimenti egocentrici sono i primi a essere messi in atto, ma mentre Piaget e Inhelder negli anni 50 (Piaget & Inhelder, 1956/81) sostenevano che i bambini fino all'età di otto-nove anni siano incapaci di “decentrare” con l'immaginazione e quindi di usare correttamente riferimenti allocentrici, ricerche successive hanno smentito questa conclusione e dimostrato che anche bambini dell'età di tre anni sono in grado di decentrare, se posti di fronte a compiti il cui senso sia loro comprensibile (per una discussione critica, si veda Donaldson, 2010).

La messa in relazione del sistema di riferimento egocentrico con sistemi allocentrici è tra gli obiettivi di apprendimento al termine della classe terza, nel nucleo Spazio e figure². Si tratta di competenze che è necessario sviluppare fin dalla scuola dell'infanzia. Sempre le prove INVALSI vi fanno riferimento già per la classe II, come per esempio il seguente quesito:

² “Comunicare la posizione di oggetti nello spazio fisico, sia rispetto al soggetto, sia rispetto ad altre persone o oggetti, usando termini adeguati (sopra/sotto, davanti/dietro, destra/sinistra, dentro/fuori)” (MIUR, 2012, p. 50).

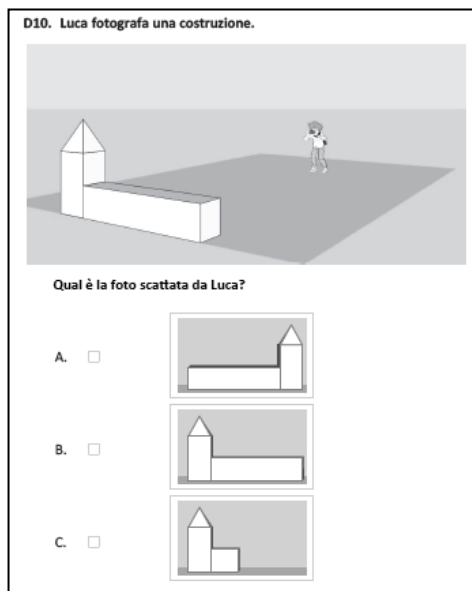


Figura 2. Quesito della prova INVALSI 2013-14, classe II primaria

Alla luce di questa discussione, che riporta pur semplificandoli alcuni risultati dalla ricerca psicologica, possiamo quindi affermare che la realtà incontrata dal bambino sia ricca di contesti spaziali *cognitivamente diversi* rispetto ai quali occorre sviluppare le competenze necessarie. Per raggiungere questi obiettivi, Lurçat sottolinea l'importanza della scelta dell'attività nella quale il bambino è coinvolto:

non tutti i comportamenti spaziali implicano necessariamente una conoscenza dello spazio. Affinché ci sia conoscenza è necessaria un'attività adeguata: per esempio recarsi in un luogo, localizzarvi oggetti, situarsi nello spazio dei luoghi e degli oggetti. [...] Come in altri settori del campo psichico, non esiste un'età di acquisizione che possa essere considerata indipendente dalle condizioni concrete di esistenza (Lurçat, 1980, p. 16).

Insieme alle *esperienze significative* nei diversi spazi, il linguaggio, o meglio, i *linguaggi*, costituiscono una seconda fondamentale

sorgente della conoscenza. Il ruolo cruciale della verbalizzazione nello sviluppo del bambino è stato ampiamente messo in luce dagli studi vygotskyani (Vygotsky, 1992) e sottolineato dalla stessa Lurçat nell'ambito della concettualizzazione spaziale³. Per la matematica, rivestono grande importanza inoltre i *simboli* e le *rappresentazioni grafiche* di vario genere, come in geometria le figure geometriche e l'utilizzo del piano cartesiano. Ciascuna di queste rappresentazioni si situa in modo molto specifico nello *spazio della realtà* del bambino: generalmente sono coinvolti microspazi bidimensionali come la lavagna, il foglio di quaderno o lo schermo di un computer/tablet. Il passaggio dall'esperienza e dalla percezione nello spazio tridimensionale a questi *spazi di rappresentazione* è complesso ma dato spesso per scontato anche nella scuola primaria. In tale passaggio, da un lato i gesti e la corporeità possono costituire una risorsa importante di supporto in sinergia con il linguaggio verbale (Arzarello et al., 2011; Sabena, 2011), dall'altro lato trovano posto gli artefatti e le nuove tecnologie.

3. La sperimentazione con l'ape-robot

La discussione teorica presentata ha costituito la base per una sperimentazione didattica condotta alla scuola dell'infanzia, con la finalità di studiare le potenzialità didattiche offerte dalla robotica programmabile per la concettualizzazione spaziale nei bambini. Le attività sono state organizzate attorno a un artefatto nuovo per i bambini: un'ape-robot (Fig. 3a), sorta di versione tridimensionale e tangibile della celebre tartaruga LOGO di Papert (1984). Nell'ape-robot, la programmazione del movimento è resa possibile dai tasti posti nella parte superiore (Fig. 3b): si tratta di quattro frecce direzionali per movimenti in avanti, all'indietro, di rotazione a destra e a sinistra.

³ “Sembra difficile separare, nell'appropriazione dell'ambiente realizzata dal bambino piccolo, queste due sorgenti di conoscenza, l'una pratica, l'altra verbale, in quanto convergono precocemente nei primi mesi di vita” (Lurçat, 1980, pp. 15-16).

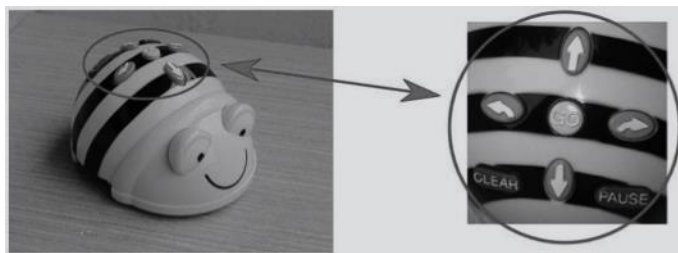


Figura 3 a e b. Il robottino a forma di ape usato nella sperimentazione.

L'ape-robot può muoversi parallela a se stessa in avanti e indietro, compiendo dei "passi" lunghi 15 cm (stessa misura della lunghezza del robot). I passi sono marcati da un breve momento di arresto, che crea una pausa di silenzio dal rumore del movimento, e dall'illuminazione degli occhi⁴ (visibile in Fig. 4b). Premendo il tasto verde *GO*, il robot esegue la sequenza programmata attraverso le frecce.

La sperimentazione si è svolta tra gennaio e marzo 2012 coinvolgendo i bambini cinquenni e le insegnanti di quattro sezioni della scuola "La giostra" di Torino e alcune tesiste del Corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria di Torino. Si sono sperimentate attività di tipo diverso, dal movimento libero ad attività strutturate con cartelloni appositamente predisposti, all'introduzione di primi segni scritti per la codifica dei passi programmati.

Dal punto di vista didattico, le attività avevano l'obiettivo generale di promuovere le competenze riguardanti la risoluzione di problemi e il pensiero spaziale, in relazione all'esplorazione e all'utilizzo in contesto giocoso del nuovo artefatto. Più specificamente, la possibilità di programmare i movimenti del robot e di verificare in seguito le scelte fatte, attraverso l'osservazione del suo movimento, offre ai bambini un contesto adatto per mettere in campo processi di *anticipazione e controllo*, fondamentali nella risoluzione di problemi. Per quanto riguarda il pensiero spaziale, il *passaggio da*

⁴ Questa caratteristica è risultata molto utile ai bambini per il conteggio dei passi, questione non affrontata nel presente lavoro.

sistemi di riferimento egocentrici a sistemi allocentrici è di particolare rilevanza quando l'ape-robot non è orientata parallelamente e nello stesso verso dei bambini.

Dal punto di vista della ricerca, la sperimentazione mirava a esplorare le potenzialità e i limiti dell'artefatto tecnologico in relazione agli obiettivi didattici individuati. Tale analisi non può essere disgiunta dal considerare le specifiche attività proposte e dal ruolo dell'insegnante nella loro gestione.

La centralità del ruolo dell'insegnante nell'utilizzo efficace degli artefatti per l'insegnamento-apprendimento della matematica è messa in luce dalla ricerca didattica e sottolineata con pregnanza da Bartolini Bussi e Mariotti (2009):

Il ruolo dell'insegnante è cruciale, infatti lo sviluppo dei segni in segni matematici, principalmente legati all'attività con artefatti, non è né semplice né spontaneo, e proprio per questa ragione sembra richieda la guida dell'insegnante. (p. 19)

Inserendosi in un'ottica vygotskyana, le autrici elaborano la Teoria della Mediazione Semiotica, nella quale gli elementi fondamentali dell'attività didattica sono i segni che emergono nell'utilizzo dell'artefatto⁵, ma soprattutto il ruolo di "mediatore culturale" svolto dall'insegnante quando utilizza l'artefatto come "strumento di mediazione semiotica"⁶:

⁵ *"I segni che emergono dalle attività svolte con gli artefatti, sono elaborati da un punto di vista sociale: in particolare, essi possono essere intenzionalmente utilizzati dall'insegnante per sfruttare i processi semiotici, con lo scopo di guidare l'evoluzione dei significati all'interno della classe. In particolare, l'insegnante può guidare lo sviluppo verso ciò che è riconoscibile come matematica"* (Bartolini Bussi & Mariotti, 2009, pp. 15-16).

⁶ In letteratura è utilizzata spesso la distinzione tra "artefatto" e "strumento" dovuta agli studi in ergonomia cognitiva di Rabardel (1995) e approfondita soprattutto in ambito francese (Bartolini Bussi & Mariotti, 2009). Per "artefatto" si intende l'oggetto materiale in sé (ad esempio, l'ape-robot e le sue caratteristiche oggettive), mentre per "strumento" si intende un'entità composita che comprende due componenti: l'artefatto e gli schemi d'uso, risultanti di una costruzione propria del soggetto, autonoma o di appropriazione di schemi altrui.

Tale espressione non si riferisce all'atto concreto dell'utilizzare uno strumento per svolgere un compito, ma piuttosto al fatto che significati nuovi, legati al reale utilizzo di uno strumento, possono essere generali e possono evolvere sotto la guida di un esperto.

Sebbene la sperimentazione condotta con l'ape-robot non sia stata progettata seguendo fedelmente la Teoria della Mediazione Semiotica⁷, ne condivide i presupposti vygotskyani relativi all'importanza dell'aspetto socio-culturale dei processi di insegnamento-apprendimento, nei quali l'interazione tra pari e con l'insegnante è in primo piano. In particolare, si è utilizzata la metodologia della discussione collettiva orchestrata dall'insegnante ispirata dalla "Discussione Matematica" (Bartolini Bussi & Mariotti, 2009), nella quale, tuttavia, visti gli obiettivi e metodi della scuola dell'infanzia, i contenuti specifici matematici sono stati limitati, a vantaggio di competenze di base propedeutiche a essi.

In maniera complementare, un elemento caratterizzante la ricerca è l'osservazione e l'analisi di segni di vario tipo mediante i quali le attività si sviluppano, con particolare attenzione al linguaggio naturale e ai segni di tipo embodied (come gesti, sguardi, posizioni del corpo, toni della voce) in un'ottica di "apprendimento multimodale" della matematica (si veda il contributo di Ferrara e Seren Rosso nello stesso volume).

Lo strumento quindi tiene conto dell'uso funzionale dell'artefatto da parte del soggetto.

⁷ Per esempio, essendo un percorso per la scuola dell'infanzia, non è stato utilizzato il "ciclo didattico", imperniato sulla produzione individuale di segni scritti. Per una sperimentazione condotta con lo stesso artefatto nell'ambito del Teoria della Mediazione Semiotica, il lettore può fare riferimento Bartolini Bussi e Baccaglioni-Frank (2014), dove si affronta l'introduzione della definizione di rettangolo in classe prima.

4. Descrizione e analisi delle attività

Le attività hanno coinvolto gruppi di 10-12 bambini per volta (suddividendo ciascuna sezione in due gruppi), con uno o due robot a disposizione, per circa un mese. Nella maggior parte dei casi, si è trattato di momenti di gruppo sempre in presenza dell'insegnante, mentre solo in pochi casi si è richiesto un lavoro individuale (principalmente disegni).

Per poter analizzare i processi di insegnamento-apprendimento in ottica multimodale, le attività sono state videoregistrate.

In tutti i gruppi si è iniziato con attività di scoperta dell'artefatto, attraverso movimenti "liberi" dell'ape decisi dai bambini attorno ad un grande tavolo o sul pavimento, delimitando lo spazio con il cerchio dei bambini seduti a terra (fig. 4): si è creato quindi una sorta di mesospazio, che i bambini potevano esplorare globalmente con la vista, o più localmente entrandovi dentro con il corpo.

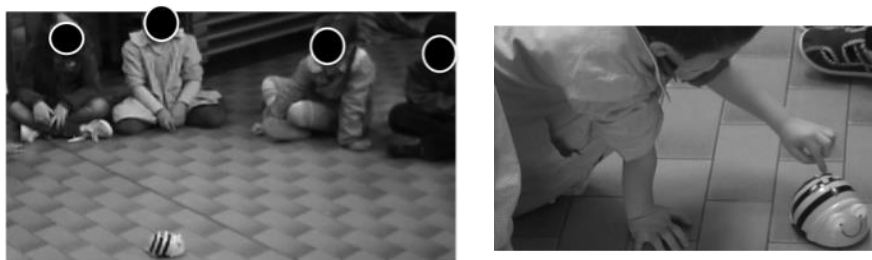


Figura 4 a e b. Esplorazione iniziale dell'artefatto nel mesospazio.

Uno dei giochi di questa fase iniziale era "manda l'ape da...": ogni bambino doveva scegliere il compagno, esplicitarne il nome e cercare di farvi arrivare l'ape, usando i comandi. Dalle nostre osservazioni, nel momento della programmazione tutti i bambini si sono spostati per mettersi di fronte al compagno scelto e dietro l'ape-robot (fig. 4b): in questo modo il sistema di riferimento allocentrico introdotto dal robot diventa coincidente con il sistema di riferimento egocentrico del bambino: si tratta della scelta più naturale perché tiene basso il carico cognitivo (Lurçat, 1980). Abbiamo deciso pertanto di mantenere la stessa scelta per le attività che vertevano su aspetti più specifici dell'artefatto, come per

esempio la lunghezza dei passi, a confronto con quella dei passi dei bambini o dell'insegnante (fig. 5).



Figura 5 a e b. Utilizzo del riferimento egocentrico nelle attività di confronto tra le lunghezze dei passi.

Altri giochi hanno richiesto l'imitazione con il proprio corpo di un movimento fatto dall'ape. L'imitazione è semplice se il bambino è orientato come l'ape, per esempio se si mette dietro di essa e cammina nella stessa direzione, per via del sistema di riferimento egocentrico. Se invece il bambino è orientato diversamente, l'attività diventa più complessa perché richiede di riprodurre, nel proprio movimento, il punto di vista dell'ape. In altri termini, si tratta di coordinare il riferimento egocentrico con quello allocentrico, che per di più è *mobile*: è un coordinamento che va continuamente controllato e spesso ristabilito. Nelle nostre esperienze, la verbalizzazione ha costituito uno strumento importante di supporto: nell'attività si è richiesto pertanto di accompagnare il movimento dell'ape-robot con la descrizione verbale (ad esempio: “avanti, avanti, avanti, ruota a destra”), che ha fatto da supporto per il bambino che doveva ripetere lo stesso movimento, ma con un orientamento diverso rispetto a essa. Le principali difficoltà incontrate hanno riguardato la gestione mnemonica delle sequenze e l'utilizzo del binomio locativo destra-sinistra.

Con ogni gruppo, almeno un paio di incontri sono stati dedicati ad attività su cartelloni contenenti percorsi o griglie, strutturati con lunghezze multiple di 15 cm (la misura esatta della lunghezza percorsa in un “passo” dal robot) e con angoli retti. Queste scelte erano volte a introdurre i comandi di rotazione (mai usati dai bambini nelle attività libere esplorative), evitando direzioni non perpendicolari tra di loro, impossibili da effettuare con il robot.

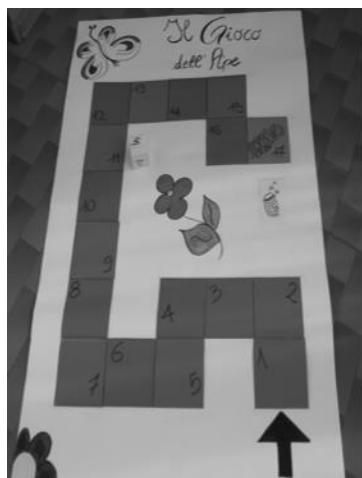


Figura 6a-b. Il “gioco dell’ape” e la prospettiva egocentrica assunta dal bambino

Un esempio di percorso è il “gioco dell’ape” (fig. 6), una sorta di gioco dell’oca che ha permesso di introdurre più facilmente la regola di spostare il robot unicamente attraverso i suoi comandi, e non spingendolo o ruotandolo con le mani, come i bambini erano spesso tentati di fare. Nelle nostre intenzioni, inoltre, il contesto della gara avrebbe dovuto favorire la programmazione di combinazioni più complesse di tasti, come per esempio programmare “due passi avanti, rotazione a sinistra, un passo avanti” in caso di uscita “3” del dado al primo lancio. Le nostre aspettative sono andate disattese: i bambini preferivano infatti programmare un segmento per volta (nell’esempio, dapprima due passi in avanti, osservare il movimento del robot, quindi programmare la svolta, osservarla e infine programmare il passo in

avanti). La figura 6b mostra un bambino nel momento di programmazione di quest'ultimo segmento: di nuovo, è assunta la prospettiva egocentrica.

Le attività si sono spesso alternate a discussioni collettive sull'esperienza fatta, occasioni di riflessione per i bambini.

Molto interessanti sono state in particolare le discussioni condotte *prima* di svolgere un'attività. In un gruppo, l'esperienza del percorso sul cartellone è stata introdotta attraverso una discussione guidata. Il robot non era ancora presente (fig. 7a) e la discussione ha costituito un momento di riflessione nel quale lo sviluppo delle competenze spaziali si è realizzato attraverso l'osservazione e la descrizione della scena presente, ma anche il richiamo delle esperienze precedenti con l'artefatto e l'attivazione di processi anticipatori sulle azioni future attraverso l'immaginazione.



Figura 7 a e b. Il setting dell'attività 'Aiutiamo l'ape a raggiungere il fiore'.

L'insegnante apre la discussione con l'obiettivo di far osservare che il percorso considerato non sia rettilineo. Nell'attività precedente, infatti, i bambini si erano limitati a far compiere al robot unicamente percorsi rettilinei e quindi era stato utilizzato solamente il tasto "freccia avanti". In questa lezione si vogliono introdurre i tasti di rotazione, e inserirli in programmazioni articolate del tipo "avanti-avanti-ruota a sinistra-avanti".

1. *Ins:* Oggi esploriamo questo (*guardando il cartellone*). Cosa vi viene in mente guardandolo?

2. *Stefano*: E' una strada
3. *Viviana*: Un fiore e una casa
4. *Ins*: E di chi è la casa?
5. *Bambini in coro*: Delle api!
6. *Ins*: E com'è la strada? E' diritta?
7. *Bambini*: Noooo!
8. *Stefano*: Ha delle curve (*percorre la strada con le mani, fig. 7b*)
9. *Cristina*: Fa così e così (*percorre la strada con le mani come Stefano*).

Alla domanda dell'insegnante, i bambini rispondono immediatamente con descrizioni molto povere, che consistono nell'elenco degli elementi principali del cartellone, senza una loro messa in relazione. La descrizione della strada è fatta con termini deittici ("così e così"), scarsamente informativi senza l'abbinamento dei gesti corrispondenti. Per spingere i bambini a dare descrizioni più efficaci, l'insegnante chiude gli occhi e chiede loro di spiegarsi meglio:

10. *Ins*: E poi? Facciamo così: io chiudo gli occhi e voi mi spiegate, perché io non so...C'è un punto di partenza? E un arrivo? Spiegate mi
11. *Fabio*: La partenza è la casa e forse là, dove c'è il fiore è l'arrivo.
12. *Ins*: Ma io in questo modo non sarei capace di arrivare: dovete spiegarmi bene.
13. *Fabio*: Devi andar dritto (*punta l'indice, fig. 8a*), poi girare (*sposta e ruota leggermente il corpo, fig. 8b-c*, e fa un gesto rotatorio con la mano, fig. 8d), andare ancora un po' dritto, poi girare di nuovo, andare dritto e poi sei arrivato al fiore.



Figura 8. I gesti di Fabio accompagnano l'introduzione dei termini "dritto" e "girare". Nelle immagini b-c-d si può osservare anche la rotazione del corpo.

14.*Ins*: Ma io non so dove girare, come posso capire da che parte girare...

15.I bambini continuano a utilizzare termini deittici come “di qui”, “di lì”, accompagnati da gesti di indicazione.

16.*Ins*: No, no: se mi doveste spiegare solo a parole?

17.*Chiara*: Sinistra e destra

18.*Ins*: Sinistra e destra, o verso...Dai, spiegatemi meglio, penso possiate farcela: non “Faccio delle curve” ma quante, vado dritta e di quanto o a destra o verso le panche, verso la porta...

L’insegnante suggerisce alcuni punti di riferimento, come la partenza e l’arrivo (linea 10) e insiste nel richiedere ai bambini una spiegazione chiara (“spiegatemi meglio”). In linea 13 Fabio introduce i due verbi caratterizzanti il movimento del robot: “andar dritto” e “girare”. L’introduzione dei termini è accompagnata da due gesti specifici: un gesto statico deittico fatto con l’indice esteso (fig. 8a) e un gesto dinamico, combinato con la rotazione di tutto il corpo (figg. 8b-c-d). Il movimento del corpo e il gesto con la mano sono le sole risorse semiotiche che esprimono l’informazione sul senso della rotazione (verso sinistra). L’insegnante spinge costantemente verso descrizioni verbali più accurate, esplicitando questo obiettivo ai bambini (linea 16) e dando indicazioni su quali aspetti menzionare: la quantificazione (linea 18: “vado dritta e di quanto”) e riferimenti soggettivi (“a destra”) o oggettivi (“verso le panche, verso la porta”). Analizzando il seguito del video, si può osservare che i bambini coglieranno solamente il riferimento soggettivo, mentre per la quantificazione sarà necessario procedere per tentativi ed errori con l’ape-robot.

Dopo un primo percorso fatto dall’ape programmandola per brevi tratti unicamente rettilinei, l’insegnante pone la richiesta di svolgere programmazioni più articolate. Prima di richiedere la programmazione dell’intero percorso, pone un obiettivo intermedio, ossia di arrivare a programmare fino alla terza casella, indicata con un gesto deittico sul cartellone (fig. 9):



Figura 9. L'insegnante indica un obiettivo intermedio per la programmazione.

Alcuni bambini fanno dei tentativi non riusciti. Fabio vuole dare indicazioni ai compagni incaricati della programmazione e l'insegnante lo stimola a precisare quanto afferma:

19.*Ins:* Pensa a quali frecce devi schiacciare.

20.*Fabio:* Allora dovete schiacciare una volta la freccia, era giusto

21.*Ins:* Per andare avanti, dritto, dietro: come?

22.*Fabio:* Avanti. Poi dovete fare la...sinistra...di qua (*indica la direzione alla sinistra del robot, fig. 10a*), poi dovete fare un'altra volta

23.*Anna:* Dritto

24.*Fabio:* Dritto e...e poi arriviamo qua (*indica sul percorso la terza casella, ossia il punto richiesto dall'insegnante*)



Figura 10 a e b. I gesti di Fabio in accompagnamento alle istruzioni verbali.

L'insegnante chiede a Fabio di ripetere la propria proposta, in modo che tutti i compagni possano prestarvi attenzione, prima di verificarne la correttezza con il robot. Il bambino vorrebbe agire

direttamente sul robot, ma l'insegnante insiste perché dia istruzioni dal suo posto (*"Non farlo: indica ai tuoi compagni cosa schiacciare"*): il bambino accompagna allora con gesti deittici (fig. 10b) le istruzioni verbali dei comandi, che i compagni eseguono verificandone l'esattezza.

Osserviamo che Fabio è disposto lateralmente rispetto al percorso: il suo sistema di riferimento egocentrico non è quindi allineato a quello del robot. La difficoltà del bambino è evidente nella videoripresa dal ritmo lento delle sue parole e dal tentativo di avvicinarsi all'ape e di inclinarsi per mettersi nella sua stessa posizione (appena percepibile in fig. 10b ma chiaramente visibile nel video). Il problema della *programmazione di più tasti consecutivamente*, incluso un elemento di rotazione, sembra pertanto strettamente legato a quello del *coordinamento dei sistemi di riferimento diversi*. La richiesta specifica di dare ai compagni le istruzioni da seguire per programmare il robot, rimanendo al proprio posto senza interagire direttamente con l'artefatto, ha permesso al bambino di affrontare le difficoltà del compito e di superarle con successo, attivando e sviluppando le sue competenze spaziali, intrecciate con processi anticipatori, nella sua zona di sviluppo prossimale (Vygostky, 1992).

6. Conclusioni

Attraverso la sperimentazione nella scuola dell'infanzia abbiamo potuto studiare alcune potenzialità e limiti delle attività con l'ape-robot per lo sviluppo della concettualizzazione spaziale, intrecciate alle competenze di anticipazione e controllo, cruciali per la risoluzione di problemi.

Le caratteristiche delle attività di programmazione, infatti, richiedono ai bambini di immaginare le conseguenze delle proprie azioni specifiche, e permettono loro di controllarne in seguito l'esattezza. I *processi anticipatori*, ossia i processi messi in atto mentre si immaginano le conseguenze delle nostre azioni in un futuro ipotetico, sono importanti nelle attività di problem-solving e in particolare sollecitati in attività di programmazione di artefatti

robotici. La loro controparte sono i *processi di controllo* su quanto ipotizzato, che possono essere messi in atto dal considerare il movimento effettuato dal robot in seguito alla programmazione. Alla luce del nostro percorso sperimentale possiamo affermare che un artefatto come l'ape-robot offre certamente grandi possibilità per l'attivazione di questo tipo di processi, ma richiede un'attenzione fine che nei bambini cinquenni è ancora nelle sue prime fasi di sviluppo. Molti bambini, infatti, hanno manifestato grandi difficoltà a tenere a memoria anche un piccolo numero di passi e di comandi consecutivi e questa difficoltà ha reso impossibile per loro avere i riscontri necessari per controllare, con il movimento effettivo dell'ape, la correttezza dei tasti programmati.

Per quanto riguarda la concettualizzazione spaziale, le attività con l'ape-robot possono favorire nei bambini l'intreccio e il coordinamento tra sistemi di riferimento diversi. Come discusso nella prima parte del lavoro, il coordinamento di punti di vista e dei sistemi di riferimento sono necessari per l'apprendimento della geometria e richiesto dalle Indicazioni e dalle prove di valutazione nazionali. Tuttavia, abbiamo potuto osservare che affinché queste potenzialità si sviluppino, occorrono specifiche consegne predisposte dall'insegnante: ad esempio, affinché la prospettiva egocentrica del bambino sia messa in relazione con il sistema allocentrico mobile dato dal robot in situazioni complesse, si può richiedere di programmare l'ape-robot rimanendo in una certa posizione fissa, in modo che l'orientamento del proprio corpo sia diverso rispetto a quello del robot. Infatti, se lasciati liberi di scegliere, i bambini adattano spontaneamente la propria posizione per ridurre il carico cognitivo e allineare i due sistemi di riferimento (si veda la figura 6b), superando in questo modo il problema, ma rimanendo nella prospettiva ego-centrica. Analogamente, programmare porzioni articolate di percorsi (che includano cioè una o più svolte in un'unica programmazione) richiede di usare sistemi allocentrici di riferimento e di coordinarli tra loro: nelle nostre classi con i bambini cinquenni abbiamo osservato molta 'resistenza' a effettuare questo tipo di programmazioni, perché i bambini

preferivano spezzare il percorso in parti rettilinee e programmare ciascuna di esse separatamente, soprattutto le rotazioni (che non venivano mai spontaneamente collegate ai successivi tratti rettilinei). La mediazione dell'insegnante è stata pertanto necessaria per introdurre la possibilità stessa di fare programmazioni articolate ed esplicitarne i vantaggi in termini di economia di tempo.

La mediazione dell'insegnante nelle varie attività è avvenuta attraverso il linguaggio naturale e le risorse embodied come i gesti, come nell'episodio analizzato, ma anche attraverso l'introduzione di segni scritti per la registrazione dei comandi: le diverse risorse (parole, gesti, segni scritti) si sono intrecciate nei processi interpretativi complessi coinvolti nel passaggio dal codice di programmazione dell'artefatto (le frecce poste sopra di esso) e l'effettivo movimento del robot.

L'introduzione dei segni scritti per i comandi, che qui non è stata discussa, richiede ulteriori approfondimenti. Essa ha una portata limitata per la scuola dell'infanzia, ma costituisce uno spunto didattico importante per la scuola primaria, andandosi a inserire nel passaggio delicato dalle esperienze nel macros spazio della realtà all'uso di microspazi di rappresentazione, i quali costituiranno lo sfondo principale dell'attività geometrica successiva.



Figura 11. Segni scritti introdotti per rappresentare i comandi dati al robot

Ringraziamenti

Ringrazio le insegnanti Carla, Mariacarla, Marinella e Mimma e le tesiste Elisa, Erika, Francesca e Sara che hanno partecipato alla sperimentazione con entusiasmo e creatività.

Bibliografia

- Arzarello, F., Bazzini, L., Ferrara, F., Sabena, C., Andrà, C., Merlo, D. Savioli, K. & Villa, B. (2011). *Matematica: non è solo questione di testa. Strumenti per osservare i processi di apprendimento in classe*. Trento: Edizioni Erickson.
- Bartolini Bussi, M.G. (2008). *Matematica. I numeri e lo spazio*. Juvenilia.
- Bartolini Bussi, M.G. & Mariotti, M.A. (2009). Mediazione semiotica nella didattica della matematica: artefatti e segni nella tradizione di Vygotskij. *L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate*, vol. 32,A-B, 269-294.
- Bartolini Bussi, M.G. & Baccaglini-Frank, A. (2014). Geometry in early years: sowing seeds for a mathematical definition of squares and rectangles. *ZDM online first*. DOI: 10.1007/s11858-014-0636-5.
- Donaldson, M. (2010). *Come ragionano i bambini*. Milano: Springer-Verlag Italia.
- Lakoff, G. & Nùñez, R. (2005). *Da dove viene la matematica. Come la mente embodied dà origine alla matematica*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Lurçat, L. (1980). *Il bambino e lo spazio. Il ruolo del corpo*. Firenze: La Nuova Italia Editrice.
- MIUR (2012). *Indicazioni Nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione*. http://hubmiur.pubblica.istruzione.it/web/istruzione/prot7734_12 (retrieved 28 Febbraio 2015).
- Papert, P. (1984). *Mindstorms. Bambini, computer e creatività*. Milano: Emme edizioni.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1981). *La rappresentazione dello spazio nel bambino*. Firenze: Giunti Barbera. 1° edizione nel 1956.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes & les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Arman Colin Éditeur.
- Sabena, C. (2011). Studiare la multimodalità dell'insegnamento-apprendimento: focus sui gesti. *L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate*, vol. 34 A-B, n° 3, 333-342.
- Vygotsky, L. S. (1992). *Pensiero e linguaggio*. Roma-Bari: Laterza.